Thaer-Bibliothek

Band 83

Der Landwirt als Kulturingenieur

Band 83

VON

F. ZAJÍČEK

Dritte Auflage

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY IN BERLIN.

G. E. STECHERT & Co.
Alfred Hafner
New York

THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
630
Z1l3

Jeder Band einzeln käuflich. Preis des Bandes in Leinen geb. 2,50 M.

Praktische E... Zürich. 5. Auflage.
Käufliche Di... 5. Auflage.
Anwendung ... rmstadt. 5. Auflage.
Wolffs prakt... lle a.S. 15. Auflage.
Ernährung d... ayer. 2. Auflage.
Wolffs Anlei... ffe. 4. Auflage.
Beurteilung ... v. Dr. M. Passon.
Die wichtigst... n.

Babo's Tabak... lheim. 4. Auflage.
Wiesen- u. W... Augstin. 6. Aufl.
Anbau der H... Wien. 2. Auflage.
Knauers Rüb... le a. S. 10. Auflage.
Flachsbau u... 2. Auflage.
Rationeller ... 7. Auflage.
Praktischer ... h. 4. Auflage.
Samen und ...
Getreidebau ... schrift. 5. Auflage.
Hopfenbau von Dr. C. Fruwirth, Prof. in Wien. 2. Auflage.
Kartoffelbau von Geheimrat Dr. H. Werner, Professor in Berlin. 6. Auflage.
Schädlinge der landw. Kulturpflanzen von Dr. E. Riehm.
Forstkulturen von Urff, Kgl. Forstmeister in Grammentin. 3. Auflage.

Tierzucht und Fütterungslehre.

Berlepsch's Bienenzucht. Bearbeitet von G. Lehzen in Hannover. 5. Auflage.
Zoologie für Landwirte v. Dr. J. Ritzema Bos, Prof. in Wageningen. 6. Auflage.
Pferdezucht v. Reg.-Rat F. Oldenburg i. Sondershausen, Gekr. Preisschrift. 2. Aufl.
Rindviehzucht von Ökon.-Rat Dr. V. Funk. 7. Auflage.
Milchwirtschaft von Ökon.-Rat Dr. V. Funk. 2. Auflage.
Viehhaltung und Alpwirtschaft von Dr. P. Schuppli. 2. Auflage.
Wirtschaftsfeinde aus dem Tierreich von Dr. G. von Hayek, Prof. in Wien.
Meyer, Schweinezucht. 7. Auflage.
Schafzucht von J. Heyne, Schäfereidirektor in Leipzig.
Pribyls Geflügelzucht, neubearb. v. Bruno Dürigen. 6. Auflage.
Konservierung der Futterpflanzen von Dr. F. Albert, Prof. in Königsberg.
Widersetzlichkeiten des Pferdes von B. Schoenbeck. 2. Auflage.
Landw. Haustierkunde von Dr. A. Koch.

Betrieb.

Landw. Betriebslehre von v. d. Goltz. Neubearb. v. Dr. C. v. Seelhorst. 4. Aufl.
Landw. Buchführung von v. d. Goltz. Neubearb. v. Dr. C. v. Seelhorst. 10. Aufl.
Geschichte der Landwirtschaft. Bearb. von F. Nedderich. 5. Auflage.
Rechtsbeistand des Landwirts v. M. Löwenherz. 4. Auflage.
Das Schriftwerk des Landwirts von C. Petri in Hohenwestedt. 4. Auflage.
Wirtschaftsdirektion d. Landgutes v. Geh.-Rat Prof. Dr. A. Thaer. 3. Auflage
Handelskunde für den Landwirt. Von C. Petri in Hohenwestedt. 2. Auflage.

Jeder Band einzeln käuflich. **THAER-BIBLIOTHEK** Preis des Bandes in Leinen geb. 2,50 M.

Landwirtschaftliche Gewerbe.

Apfelweinbereitung von Dr. Ernst Kramer in Klagenfurt.
Bierbrauerei von Dr. C. J. Lintner, Professor in München. 4. Auflage.
Ziegelei von Otto Bock, neubearb v. A. Nawrath, Ziegelei-Ing. in Berlin. 4 Aufl.

Baukunde.

Engels Pferdestall (Bau und Einrichtg.) neubearb. v. Reg.-Baum. G. Meyer. 3. Aufl.
Engels Viehstall (Bau u. Einricht.), neubearb. v. Reg.-Baum. G. Meyer. 4. Auflage.
Schuberts ldw. Baukunde. Neubearb. v. Reg.-Baumeist. G. Meyer. 8. Auflage.
Geflügelställe (Bau u. Einricht.) v. Professor A. Schubert in Kassel. 3. Auflage.

Kulturtechnik, Maschinenkunde, Ingenieurwesen.

Landw. Geräte und Maschinen v. W. Strecker, Prof. in Leipzig. 10. Auflage.
Schuberts ldw. Rechenwesen. Bearb. v. H. Kutscher in Hohenwestedt. 4. Aufl.
Be- u. Entwässerung der Äcker u. Wiesen v. Ök.-Rat L. Vincent. 4. Auflage.
Wüsts Feldmessen u. Nivellieren. Bearb. v. Prof. Dr.-Ing. A. Nachtweh. 7. Aufl.
Der Landwirt als Kulturingenieur v. Fr. Zajicek, Prof. in Mödling. 3. Auflage.
Landw. Plan- und Situationszeichnen von H. Kutscher in Hohenwestedt.
Wind-Elektrizität von Dr.-Ing. G. Liebe in Dresden.

Veterinärwesen.

Englischer Hufbeschlag von H. Behrens, Lehrschmied in Rostock. 2. Auflage.
Eingeweidewürmer der Haussäugetiere von Dr. J. Dewitz in Berlin.
Landw. Haustierkunde von Dr. med. vet. A. Koch in Mödling.
Gesundheitspflege der ldw. Haussäugetiere v. Prof. Dr. Klimmer. 2. Auflage.
Landw. Giftlehre von Med.-Rat Dr. G. Müller, Professor in Dresden.
Der kranke Hund von Med.-Rat Dr. G. Müller, Prof. in Dresden. 3. Auflage.
Der gesunde Hund von Med.-Rat Dr. G. Müller, Prof. in Dresden. 2. Auflage.
Geburtshilfe von Amtstierarzt Tapken in Varel. 3. Auflage.

Jagd, Sport und Fischerei.

Künstl. Fischzucht v. M. von dem Borne. Neubearb. v. H. v. Debschitz. 5. Aufl.
Süsswasserfischerei von M. von dem Borne.
Teichwirtschaft v. M. von dem Borne. Neubearb. v. H. v. Debschitz. 5. Auflage.
Goeddes Fasanenzucht. Bearb. v. Fasanenjäger Staffel in Fürstenwald. 4. Aufl.
Jagd-, Hof- und Schäferhunde von Ernst Schlotfeldt in Hannover. 2. Auflage.
Ratgeber beim Pferdekauf v. Stallmeister B. Schoenbeck in Höxter. 4. Aufl.
Reiten und Fahren von Major R. Schoenbeck in Berlin. 5. Auflage.

Gartenbau.

Gehölzzucht v. J. Hartwig. Grossh. Hofgarteninspektor in Weimar. 2. Auflage.
Gewächshäuser v. J. Hartwig, Umgearb. v. Obergärtner C. Reiter. 3. Auflage.
Meyers Immerwährender Gartenkalender. 5. Auflage.
Obstbau v. R. Noack. Neubearb. von Obergärtner Mütze in Dahlem. 5. Auflage.
Obstverwertung von Karl Huber, Kgl. Garteninspektor.
Rümplers Zimmergärtnerei. Bearb. v. W. Mönkemeyer in Leipzig. 3. Auflage.
Gärtnerische Veredlungskunst v. O. Teichert. Bearb. v. Fintelmann. 3. Aufl.
Gemüsebau von B. von Uslar. Neubearb. von Amtsrat Koch. 5. Auflage.
Gärtnerische Betriebslehre v. A. Bode, Obst- u. Gartenbaulehrer in Altenburg.
Gartenblumen (Zucht und Pflege) v. Th. Rümpler. Neubearb. v. O. Krauss. 3. Aufl.
Weinbau und Weinbehandlung von A. Dern.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10 u. 11.

Landwirtschaftliche Hefte

Herausgeber: **Dr. L. Kießling,** Professor in Weihenstephan.

Weitere Hefte sind in Vorbereitung. **Jedes Heft ist einzeln käuflich.**

Preis jedes Heftes 80 Pf. 20 Exempl. gemischt für 14 M. 50 Exempl. gemischt für 30 M.

1. **Der Einfluss der klimatischen Lage auf den Landwirtschaftsbetrieb in Deutschland.** Von Prof. Dr. A. Schnider in München.
2. **Kurze Einleitung in die Technik der Getreidezüchtung.** Von Dr. L. Kießling, Prof. in Weihenstephan. Mit Textabbildungen.
3. **Das Unkraut und seine Bekämpfung auf dem Ackerland.** Von Dr. C. Fruwirth, Prof. in Wien. Mit Textabbildungen und Tafeln.
4. **Zusammensetzung und Futterwert von Heu und Grummet.** Von Dr. Ahr, Prof. in Weihenstephan.
5. **Bodenkartierung und geologisch-agronomische Karten.** Von Dr. W. Koehne, Kgl. Geologe b. d. geolog. Landesuntersuchung in München.
6. **Die Bedeutung des Schafes für die Land- u. Volkswirtschaft.** Von Dr. Emil Pott, Professor in München.
7. **Wetterkunde und Landwirtschaft.** Von Dr. Aug. Schmauß, Direktor der Bayerischen meteorologischen Zentralstation. Mit 7 Textabbildungen.
8. **Anwendung und Wirkung von Eggen und Schlichten.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen. Mit 57 Textabbildungen.
9. **Walze, Krümmer, Kultivatoren und Federzahngeräte.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen. Mit 67 Textabbildungen.
10. **Über Kartoffeltrocknung und Kartoffelfütterung.** Von Dr. Paechtner in Berlin. Zweite Auflage.
11. **Die Bedeutung — Licht- und Schattenseiten — der Maschinen im Landwirtschaftsbetrieb.** Von Prof. Dr. Schnider in München.
12. **Die Anlage von Dauerfutterflächen.** Von Dr. H. Lang in Hochburg.
13. **Die Pflege der Dauerfutterflächen.** Von Dr. H. Lang in Hochburg.
14. **Neuerungen an den Pflugwerkzeugen und der neueste Stand des Motorpfluges.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen.
15. **Das Obstgut.** Anleitung zur Anlage gewinnbringender landwirtschaftlicher Obstpflanzungen. Von A. Janson, Obstbauinspektor in Jena.

16/17. **Mechanische Sicherheitsvorrichtungen im Landwirtschaftsbetrieb.** Von Dr. H. Puchner, Prof. in Weihenstephan. Mit 79 Textabb.

18. **Feld- und Konservengemüsebau.** Von A. Janson, Obstbauinspektor in Jena.

19/20. **Ackerbauvereine und einschlägige Organisationsmassnahmen zur Förderung des Acker- und Saatfruchtbaues.** Von Dr. L. Kießling, Prof. in Weihenstephan.

21. **Die mechanische Saatgutzubereitung und ihr Einfluss auf Menge und Güte der Ernte.** Von Dr. Wacker, Prof. in Hohenheim. Mit 17 Textabbildungen.
22. **Der Anbau des Getreides mit neuen Hilfsmitteln und nach neuen Methoden.** Von Prof. Dr. C. Kraus, Geh. Hofrat in München. Mit 5 Textabbildungen.
23. **Hagel, Hagelschädenbeurteilung und Hagelversicherung.** Von Dr. W. Rohrbeck, Cöln.
24. **Steigerung der Pflanzenerträge unter dem Einflusse der Vegetationsfaktoren und der Bodenbearbeitung.** Von Dr. Mitscherlich, Prof. in Königsberg i. Pr.
25. **Die Gerste mit besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung als Brauware.** Von C. Bleisch, Prof. in Weihenstephan. Mit 6 Textabb.
26. **Futtersilos und Silagefutter.** Von Dr. A. Stutzer, Geh. Reg.-Rat., Prof. in Königsberg. Mit 12 Textabbildungen.
27. **Einjährige Futterpflanzen und Gemenge solcher.** Von Prof. Dr. C. Fruwirth in Wien.
28. **Die Sicherung der Getreideernte, insbesondere durch die künstliche Trocknung.** Von Dr. J. F. Hoffmann, Prof. in Berlin.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Der Landwirt
als
Kulturingenieur.

Bearbeitet
von

J. F. Zajíček,
Professor i. R. der Landwirtschaftlichen Lehranstalt Francisco-Josephinum,
behördl. aut. u. beeid. Zivil-Geometer in Mödling.

Dritte, verbesserte Auflage.

Mit 179 Textabbildungen.

Berlin
Verlagsbuchhandlung Paul Parey
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11

1915.

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Altenburg, S.-A.
Pierersche Hofbuchdruckerei
Stephan Geibel & Co.

630
Z1t3

Vorwort zur ersten Auflage.

Im vorliegenden Bande der Thaer-Bibliothek gelangt jener Teil der Ingenieur-Wissenschaften zur Besprechung, welcher in den landwirtschaftlichen Beruf eingreift. Die Lösung dieser Aufgabe, die nach Umfang und Inhalt richtige Auswahl des Stoffes, ist unzweifelhaft schwierig, um so mehr, als die Bildungsrichtung des Landwirts schon von den landwirtschaftlichen Fachschulen aus nach dieser Seite hin manches zu wünschen übrig läßt. Und doch unterhält derselbe stete Fühlung mit den Baugewerben. Es liegt in seinem Interesse, sich einen praktischen Blick und richtiges Verständnis für die auf seine Kosten durchzuführenden landwirtschaftlichen Bauten anzueignen, den Umfang der technischen Arbeiten nach seinen Intentionen zu begrenzen, Überschläge über Materialbedarf und Kostenberechnungen zu verfassen, ja selbst kleinere Bauten im eigenen Wirkungskreise auszuführen. Zu diesem Zwecke ist es aber notwendig, daß sich der Landwirt in das technische Wissen vertiefe und imstande sei, bauliche Anordnungen zu treffen auch in Fällen, wenn ihm sachverständige Ratgeber nicht zur Seite stehen.

Diese Umstände dienten dem Verfasser bei der Verarbeitung des Stoffes zur Richtschnur; es sollte nur das Wissenswerteste in einer für die landwirtschaftliche Praxis berechneten Fassung zur Darstellung gelangen. Aus diesem Grunde kann die vorliegende Schrift nicht den Zweck haben, umfangreiche Fachwerke wie Perels, Vincent, Dünkelberg, Becker, Hagen u. a. zu ersetzen, da ihr schon die breitere wissenschaftliche Basis, auf der diese Werke zum großen Teil aufgebaut sind, fehlt.

Die Abbildungen sind bis auf wenige, im gleichen Verlage erschienenen Schriften entlehnte Figuren meist in axonometrischer Darstellung neu verfaßt. Diese Projektionsmethode hat den Vorzug

371441

der größeren Anschaulichkeit als die bisher fast allgemein übliche durch Ansichten und Schnitte, erfordert weniger Raum und gestattet auch das Abgreifen aller Maße. Jedenfalls verdient sie eine allgemeine Verbreitung.

Der Verfasser.

Vorwort zur dritten Auflage.

Diese Auflage des Kultur-Ingenieurs mußte mit Rücksicht auf den gebotenen Raum in einzelnen Kapiteln eine Einschränkung erfahren. Dafür hat sich der Verfasser bemüht, jene Abschnitte des behandelten Stoffes, die infolge der Fortschritte auf dem Gebiete der Kulturtechnik als ergänzungsbedürftig erschienen, nach Möglichkeit zu erweitern, die Materie dem praktischen Bedürfnis anzupassen, wie auch den Anforderungen, die in bezug auf Umfang und Inhalt des Lehrstoffes im Unterrichte an Fachlehranstalten gestellt werden dürften, zu entsprechen.

Mödling, am 15. Mai 1915.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Landwirtschaftlicher Straßen- und Wegebau.

Seite

Allgemeines 1
Einfluß des Reibungswiderstandes bei wagrechter Bahn 1
Der Einfluß der Steigung auf die erforderliche Zugkraft 3
Die Krümmungsverhältnisse 7
Die Breite der Fahrbahn 8
Richtung der Straße 9
Vorarbeiten bei der Ausführung der Straßen und Wege 9
a) Aufnahme der Lage- und Höhenverhältnisse 10
Die Feststellung der Lage 10
Die Geländeaufnahme 11
Die Aufnahme der Querprofile 15
Berechnung der Erdbewegung 17
Die Kostenberechnung der Erdbewegung 22
Die Preisanalyse für Erdarbeiten 22
Bodenförderung 24
Projektierung der an den Kommunikationen erforderlichen Bauten 26
b) Übertragung des Projektes in die Natur 29
Die Durchführung des Abtrags 30
Aufführung des Straßendammes 31
Entwässerung des Unterbaues und der Böschungen 36
c) Herstellung der Fahrbahn 36
Herstellung der Fahrbahn durch Beschotterung 38
Straßen mit Grundbau und Beschotterung 40
Gepflasterte Straßen 41
Beurteilung der Baumaterialien 43
Preise der Baumaterialien 45
Die Unterhaltung der Straßen und Wege 47
Beziehungen zwischen den Herstellungs- und Erhaltungskosten und dem Transport 47
Industrie- und Feldeisenbahnen 48

Zweiter Abschnitt.

Brückenbau.

Allgemeines 55
1. Einfache Balkenbrücken 57
Berechnung des Trägers einer einfachen Balkenbrücke 59
2. Hängwerkbrücken 61

Seite
3. Sprengwerkbrücken 64
4. Jochbrücken 67
Die Brückenwiderlager 70

Dritter Abschnitt.
Landwirtschaftlicher Wasserbau.

1. Die Verdunstung und die atmosphärischen Niederschläge 77
Bestimmung der Niederschlagsmengen 79
2. Das Grundwasser und die Quellbildung 80
Das oberirdisch ablaufende Wasser 83
3. Die natürlichen Wasserläufe 84
Bestimmung der einen natürlichen Wasserlauf passierenden Wassermenge 85
4. Uferschutzbauten 86
a) Maßnahmen zur Zurückhaltung der Hochwässer im Gebirge . 88
α) Aufforstungen 88
β) Herstellung von Reservoiren 88
γ) Der Bau von Talsperren 89
b) Die Beseitigung der Anschwemmungen und der Sandbänke . . 91
c) Sicherung und Regulierung der Uferböschungen 92
Die Eindämmung der Wasserläufe 97
5. Die Stauanlagen 101
a) Feste Wehre 102
α) Überfallswehre von Holz 102
β) Wehre von Stein 106
b) Die Schleusen 106
6. Künstliche Wasserläufe 113
a) Offene Gräben und Kanäle 113
Technische Arbeiten bei der Anlage von Gräben und Kanälen 119
Hölzerne Gerinne 119
b) Unterirdische Wasserleitungen 122
α) Röhrenleitungen 122
β) Gemauerte Kanäle 129
Arten der Kanäle 130
7. Herstellung von Brunnen und Zisternen 134
a) Die Zisternen 136
b) Die Brunnen 137
α) Gegrabene und versenkte Brunnen 137
β) Artesische Brunnen 140
γ) Zuleitung von Quellwasser 146
δ) Die Schlag- und Schraubenbrunnen 147

Vierter Abschnitt.
Von der Entwässerung und Bewässerung des Bodens.

Einleitung 150
A. Von der Entwässerung des Bodens 151
a) Die Kolmation 155
b) Entwässerung durch Senkung des Grundwasserspiegels 156
α) Entwässerung durch offene Abzugsgräben 157
β) Trockenlegung der Grundstücke durch Drainage 157

Seite

I. Die älteren Methoden der Drainage 158
II. Die Röhrendrainage 160
1. Von den Saugdrains 160
a) Von der Richtung der Saugdrains 161
b) Die Tiefe der Saugdrains 165
c) Entfernung der Saugdrains 166
d) Röhrendimensionen für die Saugdrains 168
e) Die zulässige Länge der Saugdrains 168
f) Das Gefälle der Saugdrains 170
2. Von den Sammeldrains (Sammler) 170
3. Verbindung der Sauger mit den Sammlern 171
4. Ausmündungen der Sammler 172
5. Aufgaben über die durch ein Drainrohr abfließende Wassermenge . 173
6. Die Ausführung der Röhrendrainage 175
a) Die technischen Vorarbeiten 175
b) Die Herstellung der Gräben 181
c) Das Legen der Röhren 183
d) Zuschütten der Gräben 184
7. Kostenberechnung einer Drainage 184
8. Schutzmittel gegen die Verstopfungen der Röhren 186
9. Wirkung der Drainage 188
10. Erfolge der Drainage 189
11. Die Entwässerung des Moorbodens 190
a) Die Veenkultur 192
b) Die Rimpausche Moordammkultur 193
B. Von der Bewässerung des Bodens 195
1. Allgemeines 195
2. Bedingungen zur Anlage einer Bewässerung 196
3. Die Bewässerungssysteme 199
a) Einstauung in Wassergräben 199
b) Die Überstauung 200
c) Die wilde Rieselung 201
d) Die Überrieselung im Hangbau oder Rückenbau 201
α) Das Grabennetz für die Hangbewässerung 202
β) Beschaffenheit und Herstellung der Hänge 203
γ) Erforderliche Wassermenge 204
Benutzung verschiedener Abwässer zu Bewässerungen . . . 205
δ) Die Anordnungen des Hangbaues 206
ε) Der Rückenbau 209
Technische Arbeiten bei der Projektierung der Bewässerungsanlagen 210
e) Drainierte Rieselwiesen 211
Die Vornahme der Wässerung 212
f) Die Petersensche Wiesenbewässerung 212
Die praktische Durchführung 213

Erster Abschnitt.

Landwirtschaftlicher Straßen- und Wegebau.

Allgemeines.

1. Der lebhafte Verkehr, den der Landwirt mit seinen Grundstücken sowie mit dem Markte unterhält, veranlaßt ihn, seine Aufmerksamkeit den Verkehrswegen und dem auf diesen stattfindenden Wagentransport zuzuwenden. Die Wege müssen eine solche Beschaffenheit besitzen, daß alle landwirtschaftlichen Geschäfte, die Bearbeitung der Grundstücke, Düngung, Ernte usw., mit möglichst geringen Transportkosten vorgenommen werden können.

Diese Kosten stellen sich um so niedriger, je geringer der Widerstand ist, den die Fahrbahn dem Fuhrwerk entgegensetzt. Die unebene oder weiche Oberfläche sowie die Steigung der Fahrbahn beeinflussen demnach den Transport nachteilig.

Die Herstellung und Erhaltung einer allen Anforderungen entsprechenden Fahrbahn ist aber häufig mit größeren Auslagen verbunden; die Aufgabe der landwirtschaftlichen Straßenbaukunst wird daher darin bestehen, die Kosten für die Herstellung und Erhaltung einer geeigneten Straße mit der Größe des Verkehrs in Einklang zu bringen.

Einfluß des Reibungswiderstandes bei wagrechter Bahn.

2. Behufs Beurteilung des nachteiligen Einflusses, den die Unebenheiten der Fahrbahn auf die Zugkraft ausüben, wurde auf Wegen von verschiedener Beschaffenheit von hervorragenden Fachmännern (Morin, Bevan, Kossak, Navier, Umpfenbach u. a.) eine Reihe von Versuchen angestellt. Man ermittelte den Reibungskoeffizienten, der angibt, den wievielten Teil des von den Rädern getragenen Gesamtgewichtes die Zugkraft betragen müsse, um dasselbe mit einer gewissen Geschwindigkeit vorwärts zu bewegen. Bezeichnet man z. B. die Zugkraft eines Pferdes mit Z,

das Gewicht der Ladung mit Q, jenes des Wagen mit q, den Widerstandskoeffizienten mit f, so ist

$$1) \qquad Z = (Q + q)\,f \quad \text{und} \quad Q = \frac{Z}{f} - q. \qquad 2)$$

Nach Morin beträgt der Reibungskoeffizient f, die Geschwindigkeit $v = 1{\cdot}2$ m (pro Sekunde) und eine wagrechte Fahrbahn vorausgesetzt:

Post Nr.	Bodengattung	Wert von f
1	Sehr lockerer Sandboden	$\frac{1}{5}$
2	Sehr nasser Grasplatz, Grund homogen, doch aufgeweicht	$\frac{1}{8}$
3	Sommerweg, bedeckt mit 10—15 cm Sand	$\frac{1}{8}$
4	„ „ „ einer 10—15 cm hohen Kieslage	$\frac{1}{9}$
5	„ „ „ „ 5—6 cm „ Schotterschichte	$\frac{1}{10}$
6	Nasser Grasplatz nach einiger Abtrocknung	$\frac{1}{14}$
7	Derselbe Grasplatz im festem Zustande	$\frac{1}{19}$
8	Wenig befahrener feuchter Erdweg	$\frac{1}{20}$
9	Straße mit 5—6 cm tiefen Geleisen	$\frac{1}{28}$
10	„ im guten Zustande, fast trocken	$\frac{1}{30}$
11	Wenig befahrene Schotterstraße, sehr feucht und mit flüssigem Kot bedeckt	$\frac{1}{40}$
12	dto. sehr trocken und ohne Staub, im Trab	$\frac{1}{45}$
13	dto. „ „ „ „ „ im Schritt	$\frac{1}{51}$
14	Eine Holzbahn	$\frac{1}{55}$
15	Sehr gute Straße von Sandsteinpflaster	$\frac{1}{72}$

Morin nimmt die Zugkraft eines starken Pferdes von 500 kg Gewicht, unter Voraussetzung einer achtstündigen Arbeit und einer Geschwindigkeit von $1{\cdot}2$ m mit 65 kg, jene des leichten Zugpferdes von 300 kg Gewicht mit 45 kg an.

Man kann daher die für eine gegebene Zugkraft auf wagrechter Bahn zulässige Ladung bestimmen.

Z. B. Welche Ladung ist für ein Paar schwerer Zugpferde zulässig, wenn die Fahrbahn wagrecht ist, das Wagengewicht 800 kg und der Reibungskoeffizient $\frac{1}{35}$ beträgt?

Nach $Q = \frac{Z}{f} - q$ ist $Q = \frac{2 \cdot 65}{\frac{1}{35}} - 800 = 3750$ kg, oder:

Wie groß ist die für $Q = 1000$ kg, $q = 500$ kg, $f = \frac{1}{10}$ erforderliche Zugkraft?

Nach $Z = (Q + q) f$ ist $Z = \frac{1500}{10} = 150$ kg, also eine für ein Paar schwerer Zugpferde abnormale Leistung.

Einigermaßen beeinflußt werden die Rechnungsergebnisse von der Bauart des Wagens. Die bei den Versuchen Morins verwendeten Wagen hatten 1·3 m hohe Räder mit 7 cm breiten Radfelgen. Diese Beobachtungen ergaben, daß der Widerstand der Fahrbahn mit zunehmendem Raddurchmesser abnimmt. Breite Radkränze vermindern den Widerstand, bei Fuhrwerken mit Federn erscheint er vergrößert, desgleichen bei wachsender Fahrgeschwindigkeit, besonders auf unebener Bahn.

Der Einfluß der Steigung auf die erforderliche Zugkraft.

3. Die Steigung sei durch den Neigungswinkel α (Abb. 1) oder durch das Steigungsverhältnis $\frac{c\,b}{a\,b} = \frac{1}{n} = \text{tang } \alpha$, die Last durch $Q + q$, die Zugkraft mit Z gegeben. Die Last $Q + q$ sei in die beiden Komponenten R und S zerlegt. R ist der zu bewältigende Reibungswiderstand, S die Kraft, welche den Wagen auf der schiefen Ebene abwärts zieht. Mit wachsendem R nimmt S ab und umgekehrt. Die Abhängigkeit dieser Größen vom Neigungswinkel α zeigen die Formeln:

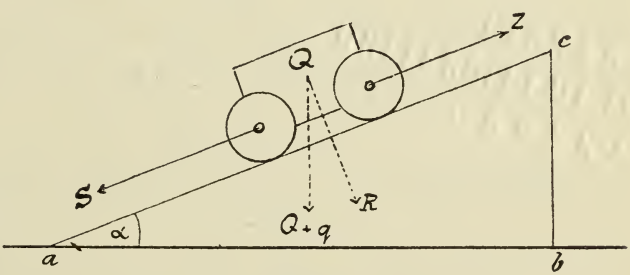

Abb. 1.

$$R = (Q + q) \cos \alpha \text{ und}$$
$$S = (Q + q) \text{ tang } \alpha.$$

Für $\alpha = 0$ entfällt S und $R = Q + q$. Außerdem ist der Reibungskoeffizient f sowie das eigene Gewicht des Pferdes (p) zu berücksichtigen. Es ergibt sich daraus, da $\cos \alpha = 1$ gesetzt werden kann:

$$Z - p \text{ tang } \alpha = (Q + q) f + (Q + q) \text{ tang } \alpha, \text{ oder}$$
$$Z = (Q + q) f + (Q + q + p) \text{ tang } \alpha, \text{ oder}$$

$$Z = (Q + q) f + (Q + q + p) \frac{1}{n}. \qquad 3)$$

Für die Fahrt bergab ist der Ausdruck $(Q + q + p) \frac{1}{n}$ negativ, daher

$$Z = (Q + q) f - (Q + q + p) \frac{1}{n}. \qquad 4)$$

Die für eine gegebene Ladung und Zugkraft zulässige Steigung

$$\frac{1}{n} = \frac{Z - (Q + q) f}{Q + q + p}. \qquad 5)$$

Löst man die Gleichung 3) nach Q auf, so ergibt sich die für eine bestimmte Zugkraft und Steigung zulässige Ladung

$$Q = \frac{Z - p \cdot \frac{1}{n}}{f + \frac{1}{n}} - q. \qquad 6)$$

Z. B. 1. Wie groß ist die zulässige Ladung für 2 Paar leichte Zugpferde ($p = 300$ kg) bei achtstündiger Arbeit, wenn der Reibungskoeffizient $f = \frac{1}{40}$ und die Steigung der Straße 4% beträgt?

$$\text{Es ist } Q = \frac{4 \cdot 45 - 4 \cdot 300 \cdot \frac{1}{25}}{\frac{1}{40} + \frac{1}{25}} - 500 = 1530 \text{ kg}.$$

Steigt die Straße 5%, so ist $Q = 1100$ kg,
bei 6% $Q = 770$ „
„ 7% $Q = 500$ „
„ 8% $Q = 300$ „
„ 10% $Q = -20$ „ d. i. bei normaler Leistung ist die Zugkraft $Z = 4 \cdot 45$ kg zu klein, um den leeren Wagen fortzubringen. Auf wagrechter Bahn würde sich $Q = \frac{Z}{f} - q = 6700$ kg als die zulässige Ladung für 2 Paar Pferde ergeben. Die vorstehende Berechnung zeigt, wie rasch die Leistungsfähigkeit der Zugtiere mit wachsender Steigung abnimmt, und bei welcher Steigung dem Transport durch Zugtiere überhaupt eine Grenze gesetzt ist.

2. Mit welcher Kraft muß das Pferd zurückhalten,

wenn die Ladung 2000 kg, das Wagengewicht 500 kg, das Gewicht des Pferdes 300 kg, der Reibungskoeffizient $\frac{1}{30}$ und das Gefälle 4 % beträgt?

Nach Formel 4) ist

$$Z = (Q + q)\,f - (Q + q + p)\frac{1}{n}$$

$$Z = 2500 \cdot \frac{1}{30} - 2800 \cdot 0{\cdot}04 = 29 \text{ kg}.$$

3. Bei welchem Gefälle wird unter gleichen Voraussetzungen weder ein Ziehen noch ein Zurückhalten erforderlich sein?

Dann ist $Z = 0$ und $(Q + q)\,f = (Q + q + p)\frac{1}{n}$

$$\frac{1}{n} = \frac{(Q + p)\,f}{Q + q + p} = \frac{(2000 + 500)\frac{1}{30}}{2000 + 500 + 300} = \frac{1}{34} = \frac{1}{n} = 3\,\%.$$

Solange geringe Steigungen des welligen Geländes den Verkehr nicht bedeutend nachteilig beeinflussen, pflegt man auch mit dem Straßenniveau der allgemeinen Bodenform zu folgen und geht von dieser Regel nur dann ab, sobald die Kosten der Abgrabung oder der Anschüttung von den Vorteilen, die daraus dem Verkehr erwachsen, aufgewogen werden.

Da gewisse Steigungen nicht überschritten werden dürfen, lassen sich verschiedene hochgelegene Punkte nicht immer durch eine geradlinige Weganlage verbinden; es muß der Quotient aus dem Höhenunterschiede dieser Punkte und der Länge die zulässige Steigung der Straße ergeben. Diese beträgt für Hauptverkehrsstraßen 4 %, bei Bezirks- und Gemeindestraßen im Höchstfalle 5 1/2 %. Sollen z. B. zwei Punkte, deren wagrechter Abstand 200 m, der Höhenunterschied 12 m beträgt, durch eine Straße von 4 % Steigung verbunden werden, so erhält diese Straße eine Länge von $L = \frac{12 \cdot 100}{4} = 300$ m. Der höher gelegene Punkt muß daher durch einen Umweg mittelst Serpentinen erreicht werden (Abb. 2).

4. Zur Verminderung des Reibungswiderstandes ist ferner eine entsprechende Festigkeit der Fahrbahn erforderlich. Diese ist abhängig sowohl vom Untergrunde als auch dem eigentlichen Wegekörper. Der Untergrund soll jene Festigkeit besitzen, daß der Straßenoberbau auch bei größerer Belastung durch die Räder der Fuhrwerke

nicht einsinkt. Es müssen daher solche Bodenarten, welche eine geringe Tragfähigkeit besitzen, z. B. Sümpfe, Moräste, Flugsand, frisch angeschütteter Boden von größerer Mächtigkeit, auf irgendeine Weise verstärkt und befestigt werden, wenn man es mit Rücksicht auf den Kostenpunkt nicht etwa vorzieht, derartige Stellen, wo möglich, zu umgehen.

Die Tragfähigkeit der eigentlichen Straßendecke hängt von der Festigkeit des Materials ab, aus dem die Fahrbahn gebildet wird, sowie von dessen guter Verbindung. Auch ist der Einfluß des Grundwassers und des Tagewassers auf den Straßenkörper sehr wesentlich. Die Fahrbahn wird meist aus den natürlich vorkommenden, seltener aus künstlichen Steinen gebildet. Die Eigenschaften, die ein guter Straßenstein haben soll, bestehen im dichten, gleichmäßigen Korn, möglichst großer Dichte und Härte. Zerklüftete Steine, ferner solche, die vom Wasser aufgelöst werden oder an der Luft verwittern, eignen sich nicht zum Straßenstein oder zur Schottererzeugung. Sehr geeignet ist zu diesem Zwecke dichter Granit und Sienit, Quarz, Porphyr und besonders Basalt, der einen vorzüglichen Schotter liefert. Zu gleichem Zwecke benützt man harte Sorten von Kalk- und Sandstein; die minder festen werden zum Grundbau, der untersten Steinschichte, verwendet. Die unmittelbare Wirkung des Rades verlangt für die Oberfläche die Verwendung der härtesten Steine; nachdem der auf die untere Schichte übertragene Druck sich nach allen Richtungen fortpflanzt und verteilt, kann für diese auch ein weicheres Material verwendet werden. Guter Sandstein trägt z. B. 400 kg per Quadratzentimeter, Basalt sogar 1200 kg bei dreifacher Sicherheit.

Eine gute Verbindung wird aus solchen Steinen erzielt, die nach Fertigstellung der Fahrbahn und erfolgtem Walzen und Befahren sich untereinander verkeilen und dann einzeln nicht leicht herausgenommen werden können. So sind z. B. runde Kiesel trotz ihrer Festigkeit zur Beschotterung nicht geeignet.

Die Festigkeit und Dauerhaftigkeit wird wesentlich durch das Wasser gefährdet. Es müssen daher auch solche Vorkehrungen getroffen werden, welche das Grundwasser vom Wegekörper möglichst fernhalten, eventuell beseitigen, die atmosphärischen Niederschläge aber am kürzesten Wege ableiten. Ersteres erzielt man am zweckmäßigsten durch das Herausheben des Wegekörpers über das natürliche Erdreich, während eine Neigung der Straßenoberfläche das Regenwasser zum seitlichen Ablauf bringt, wo es von einem genügend tiefen Wassergraben aufgenommen wird. Durch genaues Einhalten der genannten Vorsichtsmaßregeln können viele Reparaturen und Erhaltungskosten gespart werden.

Die Krümmungsverhältnisse.

5. Der Krümmungsradius hängt von der Breite der Fahrbahn (b) und der Länge des Fuhrwerks (l) samt Bespannung ab. Durch Anwendung des pythagoräischen Lehrsatzes erhält man $r = \frac{l^2}{4\ b}$. Diese Formel gibt für die Praxis schon aus dem Grunde zu kleine Zahlen für r, da die Pferde und Wagenräder nicht am äußersten Rande der Fahrbahn gehen können, besonders in dem Falle, wenn man genötigt ist, auch in der Krümmung Steigungen anzu-

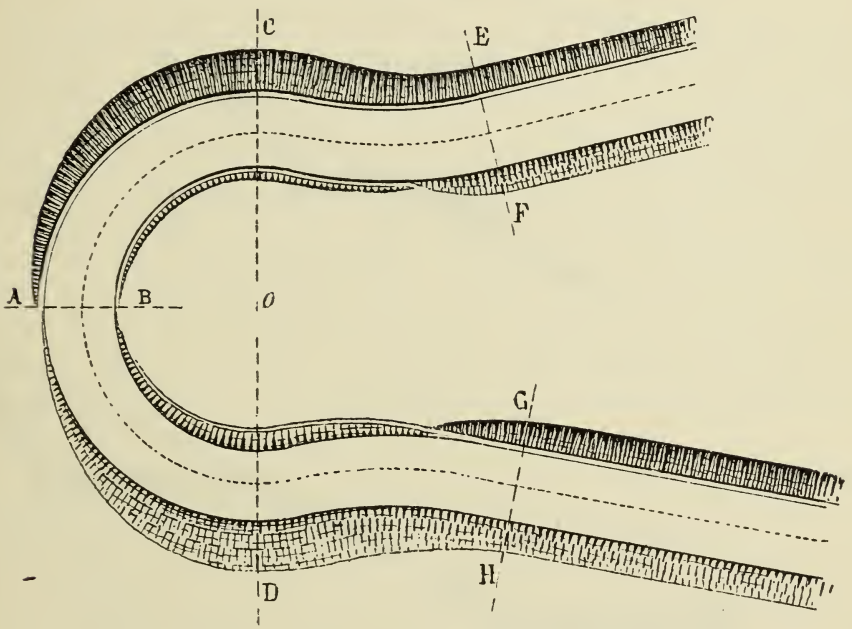

Abb. 2.

ordnen. L muß so groß angenommen werden, daß auch bei Fuhren mit Langholz die Räder auf der Steinbahn verbleiben. Es empfiehlt sich daher besser die Formel $r = \frac{l^2}{2\ b}$. Für $l = 6$ m, $b = 3$ m ist $r = 6$ m. Bei Reichs- und Landesstraßen, auf denen in der Krümmung zwei oder mehrere Fuhrwerke sich begegnen können, nimmt man für r als Minimum 20 m, für Bezirks- und Gemeindestraßen 12—13 m an. Fuhren mit Langholz erfordern einen Radius von 20 m.

Um bei Serpentinen (Abb. 2) einen geringeren Krümmungsradius annehmen zu können, kann die Straße eine Verbreiterung erhalten. Es wird dadurch an Erdbewegung erspart. Die Schnitte

(Abb. 3) zeigen die in der Serpentine erforderlichen Anschüttungen und Abgrabungen sowie die Anlage der Straßengräben.

Die Breite der Fahrbahn.

6. Die Breite der Fahrbahn richtet sich nach der Entfernung der Geleise und der Größe des Verkehrs. Für gewöhnliche Feld-

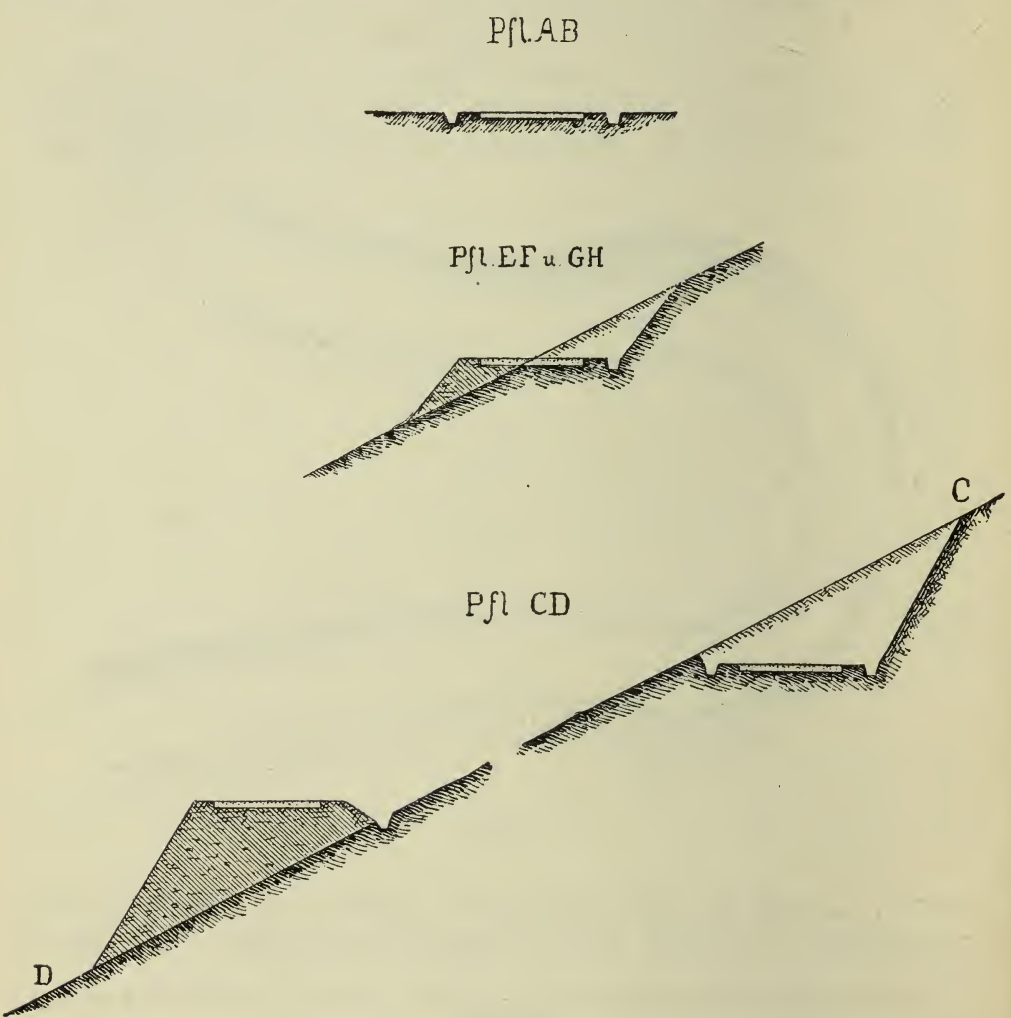

Abb. 3.

wege, bei denen ein Ausweichen nicht erforderlich ist, oder wo in gewissen Entfernungen Ausweichplätze angeordnet sind, genügt eine Fahrbahnbreite von 2·5—3 m; ein Ausweichen wird möglich bei einer Breite von 4·5 m.

Für öffentliche und Hauptverkehrsstraßen bestehen in verschiedenen Staaten Verordnungen, besonders wenn sie aus Staats-

oder Landesmitteln erbaut werden. Gewöhnlich erhalten Gemeindestraßen eine Breite von 6—8 m, Bezirksstraßen 6—10 m, Landes- und Reichsstraßen 8—14 m. Diese Maße umfassen nebst der besonders befestigten Fahrbahn auch die beiderseitigen, für die Fußgänger und zur Aufstellung von Schotterhaufen bestimmten Bankette. Jedenfalls muß man sich bei Feststellung der Straßenbreite auf jenes Maß beschränken, das für den Verkehr unbedingt notwendig ist, um an Herstellungs- und Erhaltungskosten sowie an der Grundeinlösung zu sparen.

Richtung der Straße.

7. Im allgemeinen empfiehlt sich die gerade Richtung, da sie die kürzeste Verbindung zweier Punkte ermöglicht. Nicht immer sind jedoch die Bodenverhältnisse der geraden Verbindung günstig. Bei der Projektierung der landwirtschaftlichen Fahrwege ist der Grundsatz festzuhalten, daß durch sie die kürzeste und bequemste Verbindung der einzelnen Grundstücke mit dem Wirtschaftshofe erreicht wird. Diesen Anforderungen läßt sich in vollem Maße nur bei der Zusammenlegung der Grundstücke entsprechen; in sonstigen Fällen benutzt man bestehende Wege, die in einen besseren Zustand versetzt werden, oder man führt die Feldwege entlang der Parzellenköpfe. Dadurch erhalten sie eine vorteilhafte Lage zwischen den Grundstücken, und der zur Weganlage enteignete Grund besitzt auch einen geringeren Wert.

Für längere Straßenstrecken pflegt man verschiedene Entwürfe auszuarbeiten und gibt demjenigen den Vorzug, der in bezug auf Herstellungs- und Erhaltungskosten, sowie in Berücksichtigung der für den Verkehr erwachsenden Vorteile sich als der geeignetste erweist. Nachdem jedoch der Bau der Reichs- und Landesstraßen sowie der Bezirksstraßen nicht unter die Obliegenheiten des Landwirts gehört, so können hier auch die Grundsätze, nach welchen die Projektierung längerer Straßenzüge stattfindet, nur in allgemeinen Zügen angedeutet werden.

Vorarbeiten bei der Ausführung der Straßen und Wege.

8. Unter Beobachtung der soeben entwickelten Grundsätze kann die allgemeine Lage einer Straße in einer Karte des betreffenden Geländes fixiert werden. Im bergigen Gelände eignen sich hierzu am besten solche Pläne, die nebst den Parzellenbegrenzungen Höhenlinien (Schichten) enthalten, damit bei der Projektierung der Weg-

achse auch die Höhenverhältnisse eine gebührende Berücksichtigung finden. Im ebenen Boden genügen die betreffenden Katastralpläne zur Orientierung. Auf Grund eines solchen Planes wird nun eine lokale Besichtigung des Geländes, durch das die Straße führen soll, vorgenommen, wobei auch den etwa schon bestehenden Wegen Aufmerksamkeit zu schenken ist. Die Bedeutung der Hindernisse, die sich unterwegs vorfinden, als schwer passierbare z. B. nasse Stellen, steile Lehnen, wegzusprengende Felspartien, zu durchkreuzende Gewässer usw., muß geprüft werden, worauf man sich entscheidet, ob dieselben zu umgehen oder zu passieren sind.

Bei größeren Steigungen kann man nur mit Zuhilfenahme eines Höhenmeßinstruments die Richtung, die der Straße zu geben ist, feststellen. Die an Ort und Stelle annähernd ermittelte Lage der Wegachse wird zugleich durch Pflöcke bezeichnet.

Bei dieser vorläufigen Aussteckung der Wegelinie werden weder die einzuschaltenden Kreisbögen, noch die Größe der Abgrabungen festgestellt. Dies ist Gegenstand einer weiteren technischen Arbeit, der

a) Aufnahme der Lage- und der Höhenverhältnisse.

Die Feststellung der Lage.

9. Diese beschäftigt sich mit der Vermessung jener Parzellenteile, die von der Straßenlinie durchschnitten werden, und zwar auf eine kurze Entfernung von der voraussichtlichen Achse derselben (12—20 m). Die Aufnahme kann zwar auch mit dem Meßtische vorgenommen werden, doch empfiehlt sich mit Rücksicht auf die große Länge und geringe Breite des einzumessenden Streifens diese Art der Aufnahme nicht. Die zweckmäßigste und genaueste Aufnahme ist jene mittelst Abszissenlinien und Ordinaten, Abb. 4. Man wählt unter den Pflöcken, welche die Wegelinie bezeichnen, entsprechend weit auseinanderstehende, z. B. A, B, C, D. Die Linien AB, BC, CD usw. bilden die Abszissenlinien und werden durch Absteckstäbe markiert. Sodann sucht man die Fußpunkte a′ k′ b′ i′ h′ c′ usw. der Senkrechten, welche von den einzelnen Eckpunkten der von der Wegelinie durchschnittenen Parzellenbegrenzungen auf die nächstliegenden Abszissenlinien gefällt werden, auf. (Am besten mittelst eines Winkelspiegels, im bergigen Terrain durch Winkeltrommeln oder Kreuzdiopter.) Während der Messung der Strecke AB bestimmt man die Entfernungen der Punkte a′ k′ b′ i′ h′ usw. vom Punkte A. Sodann mißt man auch die Ordinatenlängen aa′ kk′ bb ... und trägt alle gemessenen Maße in eine Skizze deutlich ein. Endlich müssen auch die Winkel, welche die Abszissenlinien miteinander

einschließen, entweder direkt (mit dem Meßtische) oder durch Bestimmung des Winkels in Graden und Minuten mittelst eines Theodolithes oder Boussoleninstruments bestimmt werden. Einfacher läßt sich die gegenseitige Lage zweier Standlinien, z. B. AB und BC so bestimmen, daß von C auf die Verlängerung von AB die Senkrechte CE errichtet wird, worauf man die beiden Katheten BF und EC, die zur Konstruktion der Hypotenuse BC dienen, sorgfältig einmißt. Die zugleich gemessene Strecke BC dient als Kontrolle.

Das Ergebnis der Aufnahme kann jetzt am besten im Maßstabe 1:1000 oder 1:2000 (1 mm = 1 m oder 1 mm = 2 m) aufgetragen und das Straßenprojekt mit allen Einzelheiten, Breite, Seitengräben, Krümmungsradien, Wegdurchlässen, Grabenkorrektionen

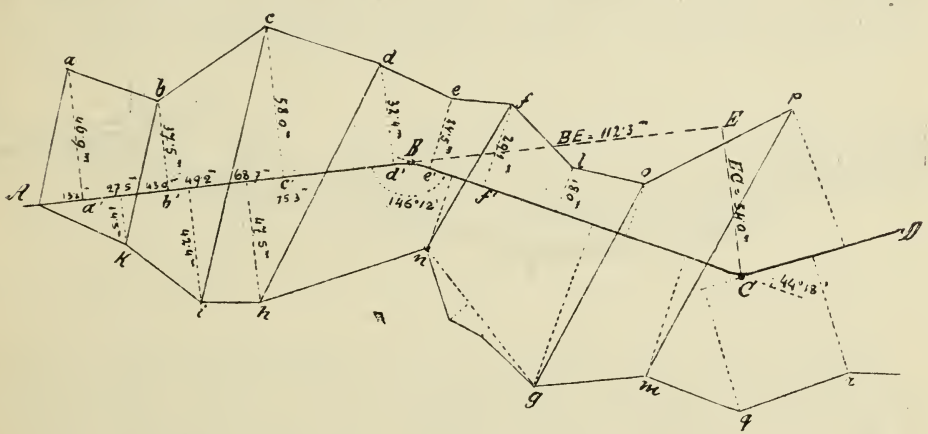

Abb. 4.

usw. eingezeichnet werden. Gewisse Einzelheiten, z. B. Durchlässe, Brücken, zeichnet man getrennt in größerem Maßstabe auf, um für die Berechnung des Materialbedarfs und den Kostenüberschlag die nötigen Anhaltspunkte zu gewinnen. Die in den Plan eingezeichneten Kreisbögen, die den Übergang aus einer Richtung, z. B. A B in die nächste B C vermitteln, sowie etwaige Verbesserungen des Projektes werden nun durch entsprechende Verschiebung der in der Natur ausgesteckten Weglinie richtiggestellt.

Die Geländeaufnahme.

10. Im bergigen Gelände müssen alle Höhenunterschiede, die auf die etwa erforderlichen Anschüttungen und Abgrabungen einen Einfluß ausüben, festgestellt werden. Man nimmt einen Bodenschnitt nach der Achse des Weges auf (das Längenprofil), sowie

eine Anzahl von Vertikalabschnitten senkrecht zur Straßenachse (*Querprofile*). Diese sind in solchen Entfernungen aufzunehmen, daß die zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Querprofilen liegenden Bodenflächen (im Bereich der beantragten Wegbreite) als ziemlich *eben* angesehen werden können.

Bei größeren Straßenbauten ist eine genaue Schichtenaufnahme jener Bodenfläche, auf der die Straße angelegt werden soll, erwünscht, damit für verschiedene Entwürfe der erforderliche Spielraum vorhanden ist.

Das Längenprofil eines Wegteils ist z. B. durch Abb. 5 gegeben. A, B, C, D . . . . bezeichnen die durch Pflöcke bezeichneten Brechungspunkte des Geländes, deren gegenseitige Höhenunterschiede und wagrechten Abstände festzustellen sind. Die Höhenunterschiede der Punkte A und C betragen z. B. 1·156—0·428 m = 0·728 m, jener von F und G = 3·045—0·489 = 2·556 m.

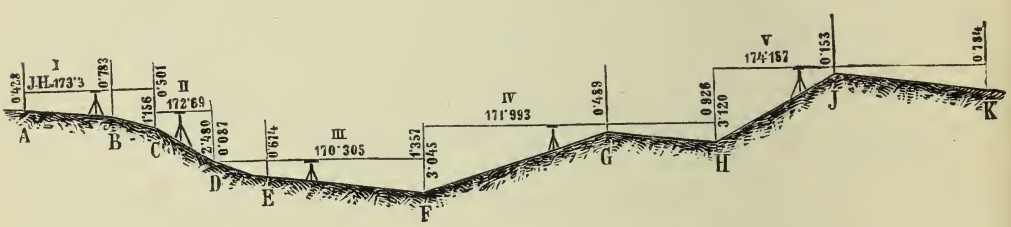

Abb. 5.

Die *Aufnahme des Längenprofils* findet in der Weise statt, daß das Instrument am Anfang der zu nivellierenden Strecke, z. B. in I wagrecht gestellt und so viele Lattenablesungen an den Brechungspunkten des Bodens gemacht werden, als von dieser Aufstellung aus möglich sind (z. B. A, B und C). Das Nivellierinstrument wird nun nach vorwärts überstellt (z. B. II), in C *eine nochmalige Ablesung von der neuen Aufstellung aus* gemacht (angebunden) und weitere Punkte annivelliert (D).

Das Instrument erhält so oft eine neue Aufstellung, als die Lattenhöhe und die bei größeren Entfernungen abnehmende Deutlichkeit der Ablesung es erheischen. Außerdem werden die wagrechten Abstände der Punkte A B C . . gemessen. Die Arbeit ist genügend genau, wenn die Zwischenpunkte auf Zentimeter, die Umstellungspunkte, und auch hier nur bei sehr sorgfältigen Aufnahmen, auf Millimeter abgelesen werden.

Vor dem Auftragen des Längenprofils pflegt man die bei den einzelnen Aufstellungen erhaltenen Ablesungen auf die oberste Instrumentenhöhe (in Abb. 6 auf die J. H. 174·187 m) *umzurechnen*. So erhält der Punkt G die umgerechnete Höhe von

$0{\cdot}489 + (3{\cdot}120 - 0{\cdot}926) = 2{\cdot}683$ m unter dem gewählten Horizont.

Das Auftragen des Längenprofils gestaltet sich sodann höchst einfach. Man zeichnet (Abb. 6) eine Gerade, welche die oberste Instrumentenhöhe oder Vergleichungsebene (174·187) darstellt, trägt auf dieselbe die wagrechten Abstände der Punkte AB, BC, CD . . . auf, errichtet in diesen Senkrechte nach abwärts und trägt auf diese die auf die oberste Instrumentenhöhe bezogenen Maße auf. So erhält man die wirkliche Gestalt des Längenprofils. Die Vergleichungsebene kann jedoch auch unter dem Gelände angenommen werden. Letztere Darstellungsweise ist die üblichere (Abb. 88).

Damit das Steigen und Fallen der Bodenoberfläche deutlicher hervortritt, pflegt man die Höhen in einem *vergrößerten Maßstabe* zu zeichnen. In der Abbildung ist für die Höhen der zehnfache Längenmaßstab angenommen.

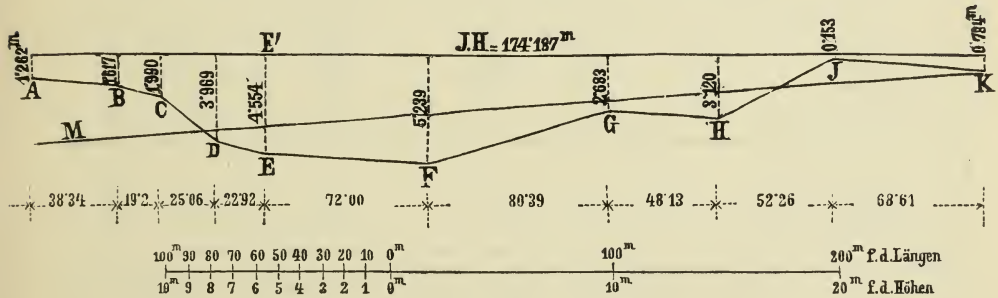

Abb. 6.

Die Ergebnisse der Höhenmessung und der Längenmessungen werden in einer Skizze eingetragen, oder man legt die umstehende *Tabelle* an.

Die Umrechnung auf die Meereshöhe ist dann durchführbar, wenn man mit der Höhenmessung an einen Punkt von bekannter Meereshöhe anknüpfen kann. Für die Arbeit selbst hat diese Beziehung auf den Meeresspiegel keinen besonderen Nutzen; es handelt sich nur darum, die Vergleichungsebene so anzunehmen, daß keine negativen Maße (oberhalb der Vergleichungsebene) herauskommen.

Die Weglinie wird im allgemeinen mit der Geländelinie A B C D . . nicht zusammenfallen. Man wird sie so projektieren, daß bei möglichst geringer Erdbewegung die günstigsten Steigungsverhältnisse für die Straße entstehen. Ist z. B. die Linie M K die Straßenhöhe für diesen Teil des Weges (Nivellette), so lassen sich die Abgrabtiefen für die Punkte A B C und J sowie die Anschüttungshöhen für die Punkte D E F G H nach dem Höhen-

Stations-N.	Länge der Station in Metern	Visur nach rückwärts (in Metern)	Visur nach vorwärts (in Metern)	Steigung	Gefälle	Aufgenommen von der Aufstellung	Instrumentenhöhe der einzelnen Stationen	Höhe der nivellierten Punkte über der Meeresfläche	Die Ablesungen reduziert auf die höchste Instrumentenhöhe = 174·187 m	Anmerkung
A B	38·34	0·428	0 783	—	0·355	I	173·353	172·925	1·262	Der Fixpunkt A hat die von einem früheren Höhenmesser bekannte Meereshöhe 172·925.
B C	19·25	0·783	1·156	—	0·373			172·570	1·617	
C D	25·06	0·501	2·480	—	1·979	II	172·698	172·197	1 990	—
D E	22·92	0·087	0.672	—	0·585	III	170·305	170·218	3·969	—
E F	72·00	0·672	1·357	—	0·685			169·633	4·554	
F G	80·39	3·045	0·489	2·556	—	IV	171·993	168·948	5·239	Kreuzungspunkt des Feldweges aus Neudorf.
G H	48·13	0·489	0·926	—	0·437			171·504	2·683	
H I	52·26	3·120	0.153	2·967	—	V	174·187	171·067	3·120	Die bekannte Höhe des Punktes G bestätigt die Richtigkeit der Höhenmessung A G.
I K	68·61	0·153	0·784	—	0.631			174·034	0·153	
Zusammen	426·96	9·278	8·800	5·523	5·045	—	—	—	—	Berechnung revidiert

maßstab aus dem Längenprofil entnehmen. Je geringer die Erdbewegung bei gleich günstigen Gefällsverhältnissen der Straßenhöhe, desto zweckmäßiger wurde diese gewählt.

Obwohl die Wahl der Straßenhöhe im Längenprofil schon eine annähernde Übersicht über die Erdbewegung gestattet, so muß noch in Betracht gezogen werden, daß auch beiderseits der Wegachse nach der Wegbreite Abgrabungen und Anschüttungen vorzunehmen sind, die mit jenen in der Wegachse ermittelten meist nicht übereinstimmen, jedoch auch in Beurteilung einbezogen werden müssen. Dies geschieht durch eine weitere Vermessung, nämlich:

Die Aufnahme der Querprofile.

11. Darunter versteht man die Aufnahme von Erdschnitten senkrecht zur Wegachse. Damit alle wesentlichen Unebenheiten des Geländes in den Querprofilen zum Ausdruck kommen, müssen diese entsprechend nahe aneinander gelegt werden. Sie kommen daher in stark wechselnden Geländeformen dichter aneinander als in solchen von gleichmäßigerer Gestaltung.

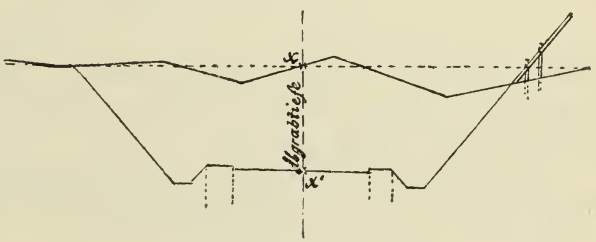

Abb. 7.

In den durch Pflöcke bezeichneten Querprofilen werden nun, ebenso wie im Längenprofil, alle Brechungspunkte des Bodens ausgepflockt, eingemessen und zugleich mit dem Punkten des Längenprofils annivelliert, so daß jedes derselben auch (z. B. 1:50 oder 1:100) nach den Vermessungsdaten gezeichnet werden kann. Es ist dabei wichtig, zu wissen, welcher Punkt des Querprofils zugleich dem Längenprofil angehört.

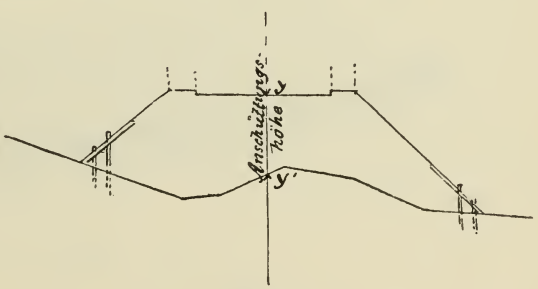

Abb. 8.

Aus dem Längenprofil kann man jene Tiefe, bis zu der unter dem Kreuzungspunkte mit dem Querprofil das Erdreich abzugraben, oder die Höhe, bis zu der es anzuschütten ist, entnehmen. Es ist dies der lotrechte Abstand des Kreuzungspunktes des Längen- und Querprofils von der im ersteren beantragten Straßenhöhe. Dieses dem

Längenprofil zu entnehmende Maß wird im Querprofil in demselben Kreuzungspunkte beim Auftrag nach aufwärts; beim Abtrag nach abwärts aufgetragen. Der so erhaltene Punkt x^1, y Abb. 7 und 8 ist ein Achsenpunkt des anzulegenden Weges, beim Dammweg die Mitte der Dammkrone, beim Hohlweg die

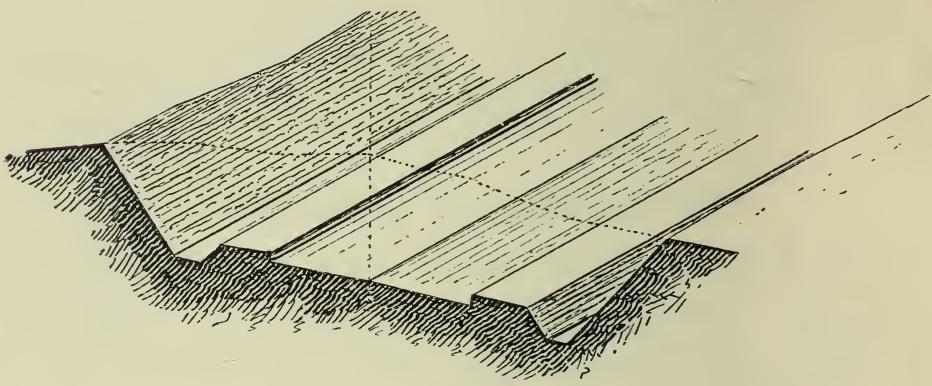

Abb. 9.

Mitte zwischen beiden Seitengräben. Die Ergänzung des anzulegenden Straßenprofils (Kunstprofils) in der Abgrabung und Aufdämmung zeigen die Abb. 7 und 8.

Jene Punkte des Geländes, in denen weder eine Anschüttung noch eine Abgrabung stattfindet, nennt man Nullpunkte. (A B der Abb. 2.)

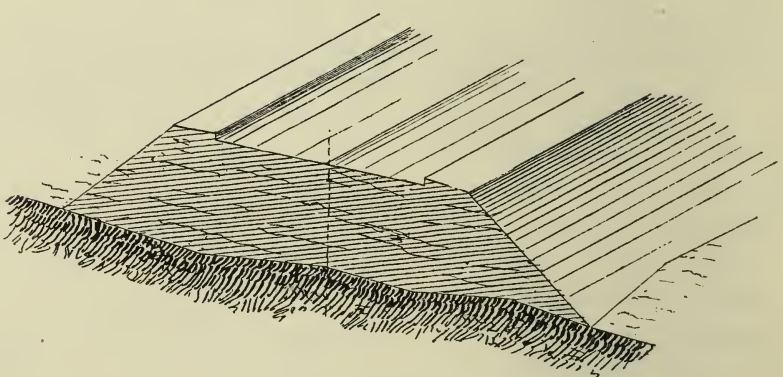

Abb. 10.

Die Abb. 9 zeigt ein Profil nach vollendeter Abgrabung, Abb. 10 nach vorgenommener Anschüttung, Abb. 11 ein Profil im Nullpunkte, oder wenn weder eine Anschüttung noch eine Abgrabung vorkommt. Der freie Raum in der Fahrbahn ist zur Aufnahme von Schotter bestimmt.

Berechnung der Erdbewegung *.

12. Aus den Flächen der auf die vorbesprochene Art erhaltenen Querprofile und den wagrechten Abständen derselben können die zu bewegenden Erdmassen berechnet werden. Für die in der Praxis übliche ziemlich genaue Berechnungsweise der Erdmassen mögen die Profile der Abb. 12 dienen, welche die verschiedenen typischen Formen der Profile darstellen. Die Flächenmaße der Profilsflächen, sowie die gegenseitigen Entfernungen derselben sind aus den Abbildungen ersichtlich. Man pflegt die Flächen der Anschüttungen mit +, jene der Abgrabungen mit — zu bezeichnen.

Es ergibt sich:

Die Erdmasse zwischen Profil 1 und Profil 2:

$$\frac{a\,b\,c\,d\,e\,f\,a + g\,h\,i\,k\,l\,m\,g}{2} \cdot D = \frac{14{\cdot}5 + 4{\cdot}9}{2} \cdot 17{\cdot}8 = + 172{\cdot}7\ m^3.$$

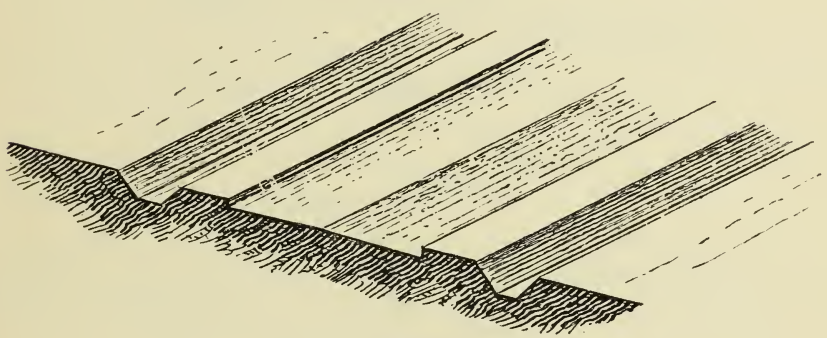

Abb. 11.

Der Teil des Dammprofils g h i m übergeht aus dem Dammprofil in das Einschnittsprofil n r o; daher befindet sich zwischen denselben der Nullpunkt, dessen Entfernung l vom Profil 2 aus der graphischen Darstellung Abb. 13 bestimmt werden kann. Man macht $m_1\,p_1 = 20$ m, $o_1\,p_1 = 0{\cdot}8$, $m_1\,s_1 =$ der Fläche g h i m = z. B. 2·3. Daraus ergibt sich der Nullpunkt n_1 und in $m_1\,n_1$ die Länge für die Anschüttung, $n_1\,p_1$ jene der Abgrabung. Diese Maße können am Maßstab abgegriffen werden. Die Strecke $m_1\,n_1$ läßt sich auch aus nachstehender Porportion berechnen:

$$m_1\,s_1 : m_1\,n_1 = o_1\,p_1 : p_1\,n_1$$

oder

$$2{\cdot}3 : m_1\,n_1 = 0{\cdot}8 : 20 - m_1\,n_1$$

---

* Beispiele über die Berechnung der Erdmassen und Projektentwürfe siehe Zajicek, Anwendungen des Nivellierens. Leipzig, Gebhardt.

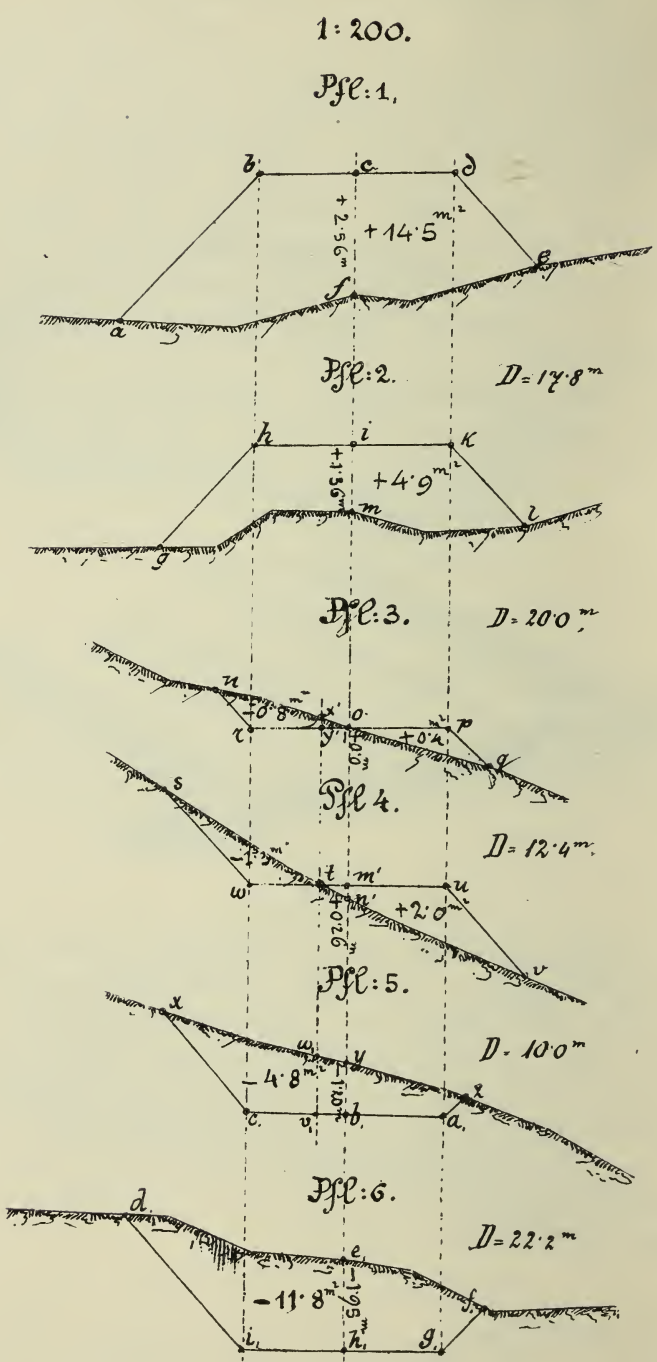
1:200.
Pfl:1.
b
c
d
+2·56m
+14·5m²
e
f
a
Pfl:2.
D=14·8m
h
i
k
+1·56m
+4·9m²
m
l
g
Pfl:3.
D=20·0m
n
+0·8
o
p
r
+0·4
q
Pfl 4.
D=12·4m
s
t
m'
u
w
+0·26m
+2·0m²
v
Pfl:5.
D=10·0m
x
w
y
−4·8m²
z
c
b
a
Pfl:6.
D=22·2m
d
e
−11·8m²
−1·95m
f
i
h
g

Abb. 12.

$$0{\cdot}8 \times m_1 n_1 = 2{\cdot}3 \times (20 - m_1 n_1),$$

woraus sich ergibt

$$m_1 n_1 = 14{\cdot}84 \text{ m}$$

und

$$n_1 p_1 = 20 - 14{\cdot}84 = 5{\cdot}16 \text{ m}.$$

Daher die Abgrabung zwischen Profil 2 und Profil 3

$$\frac{0{\cdot}8 \times 5{\cdot}16}{2} = -2{\cdot}06 \text{ m}^3$$

und die Anschüttung

$$\left.\begin{aligned} \frac{2{\cdot}3 \times 14{\cdot}84}{2} &= 17{\cdot}07 \text{ m}^3 \\ \frac{2{\cdot}6 + 0{\cdot}4}{2} \times 20{\cdot}0 &= 30{\cdot}00 \text{ m}^3 \end{aligned}\right\} + 47{\cdot}07 \text{ m}^3.$$

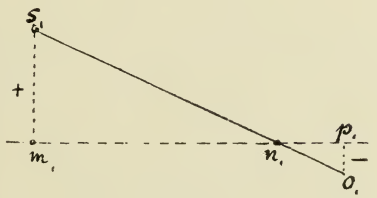

Abb. 13.

Zwischen Profil 3 und 4 führt man die Teilungsebene x′ t w_1 v_1 parallel zur Wegachse, so ergibt sich als

$$\text{Abgrabung} \begin{cases} \dfrac{x'\,y'\,r\,n\,x' + s\,t\,w\,s}{2} \times D_3 \\ \dfrac{x'\,y'\,o\,x'}{2} \times l_1 \end{cases}$$

$$\text{Anschüttung} \begin{cases} \dfrac{o\,p\,q\,o + m'\,n'\,v\,u\,m'}{2} \times D_3 \\ \dfrac{t\,m'\,n'\,t}{2} \times l_2 \end{cases}$$

l_1 und l_2 wurden wie früher durch die Proportion bestimmt.

$$l_1 + l_2 = D_3 = 12{\cdot}4 \text{ m}.$$

Zwischen den Profilen 4 und 5

$$\text{Abgrabung} \begin{cases} \dfrac{s\,w\,t\,s + v_1\,w_1\,x\,c_1\,v_1}{2} \times D_4 \\ v_1\,w_1\,za\,v_1 \times l_1 \end{cases}$$

Anschüttung $\frac{t\,u\,v\,t \times l_2}{2}$, wobei wieder $l_1 + l_2 = D_4 = 10{\cdot}0$ m. Die Bestimmung von l_1 findet in gleicher Weise wie zwischen den Profilen 2 und 3 graphisch statt, oder aus der Proportion

$$t\,u\,v : v_1\,w_1\,z\,a_1 = l_1 : D_4 - l_1,$$

aus welcher sich ergibt

$$l_1 = \frac{D_4 \times t\,u\,v}{v_1\,w_1\,z\,a_1 + t\,u\,v}.$$

Endlich umfaßt die Einschnittskubatur zwischen den Profilen 5 und 6:

$\frac{d\,e_1\,f_1\,g_1\,h_1\,i_1\,d_1 + x\,y\,z\,a_1\,b_1\,c_1\,x}{2} \times D_5$ oder $\frac{11{\cdot}8 + 4{\cdot}8}{2} \times 22{\cdot}2 =$ $184{\cdot}26$ m³.

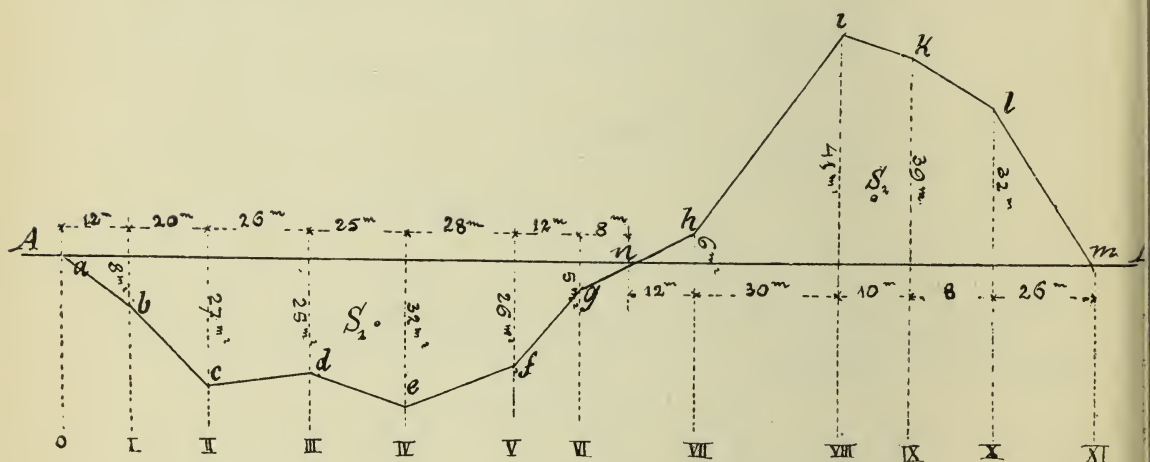

Abb. 14.

Die Gesamtkubatur der Einschnitte und Dämme läßt sich auch auf graphischem Wege, wie aus Abb. 14 ersichtlich, einfach bestimmen.

Auf eine Gerade A B (Abb. 14) trägt man in entsprechender Reihenfolge die Entfernungen der Querprofile auf, errichtet in den Teilpunkten Senkrechte (beim Auftrag nach abwärts, beim Abtrag nach aufwärts), auf welche die zugehörigen Flächen in demselben Maßstabe aufgetragen werden. War z. B. die Entfernung der Profile I und II 12 m und ist die Fläche des ersten Querprofils 0 m², jene des zweiten 8 m², so wird auf die Gerade A B von I bis II die Länge von 12 m, auf die Senkrechte II die Länge 8 m, auf III die Länge 27 m aufgetragen. Ebenso trägt man auf IV, V die zugehörigen Flächen nach abwärts, auf VII, VIII ... die Einschnittsflächen nach aufwärts auf. Dieses Verfahren wird

fortgesetzt, bis alle Profilflächen gezeichnet sind; auch die Lage der in A B liegenden Nullpunkte (n) wird berücksichtigt. Verbindet man alle Endpunkte der Senkrechten untereinander, so erhält man in a b c d e f g n a und n h i k l m n Flächen, deren Flächeninhalte als Zahl genommen zugleich die Anzahl der Kubikmeter der Anschüttung resp. Aushebung zwischen den Profilen geben, während die Form der Begrenzungslinie a b c d e f ... die Mächtigkeit der Erdmasse in den einzelnen Profilen sowie deren Verteilung ausdrückt.

Bei der Berechnung des Aushubs ist zu berücksichtigen, daß bei der Gewinnung der Erdmassen eine Auflockerung stattfindet. Diese Auflockerung beträgt bei leichtem Boden $\frac{1}{48}$, bei dichtem Tonboden $\frac{1}{20}$, beim Stein $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$.

Wird der Schwerpunkt S_1 des Dammes sowie jener der Einschnittsfläche S_2 bestimmt, so gibt die Entfernung dieser Schwerpunkte beim Transport des Einschnittsmaterials in den Damm die mittlere Transportweise, deren Höhenunterschied das durchschnittliche Gefälle resp. die durchschnittliche Steigung. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Wegachse wagrecht ist und die Einschnitts- und Dammassen sich gegenseitig decken. Aus diesem Beispiele ist auch ersichtlich, bis zu welchem Einschnittsprofil eine Abgrabung durchgeführt werden müsse, um das für einen angrenzenden Damm erforderliche Material zu erhalten.

Auf Grund der besprochenen graphischen Darstellung ist man imstande, den Transport der Erdmassen so anzuordnen, daß er die geringsten Kosten verursacht*).

Die nach vorstehender Anleitung verfaßten Pläne und Berech-

---

*) Die hier besprochene Methode der Kubatursbestimmung und Vermessung kann selbstverständlich für verschiedene Erdkörper, wie sie z. B. bei größeren Planierungen, Herstellung von künstlichen Wasserläufen, Erdabgrabungen, Steinbrüchen, Sand- und Lehmgruben, Teichen usw. vorkommen, angewendet werden, da sich dabei nur die Gestalt des Kunstprofils ändert. Bei Planierungen läßt man mitunter behufs nachträglicher Kubatursbestimmung einzelne Erdkegel stehen, durch welche die Lage der benachbarten höchsten und tiefsten Punkte des Geländes vor der Abgrabung gegeben ist. Auf diese Art ist die ganze planierte Fläche in ein Netz von Dreiecken zerlegt, deren Grundflächen als Basisflächen von Prismen berechnet werden können. Behufs Berechnung der Kubatur multipliziert man diese Dreiecksflächen mit dem arithmetischen Mittel der zugehörigen 3 Höhen h_1 h_2 h_3 (Prismenkanten). Dann ist

$$J = F \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}.$$

nungen geben ein genaues Bild der vorzunehmenden Erdbewegung, und nachdem man auch in der Lage ist, die Beschaffenheit des Bodens an Probegruben zu prüfen, so läßt sich nach Feststellung der zu bewegenden Erdmasse und der Transportweiten die Gesamthöhe der Kosten für Materialgewinnung und -verführung feststellen. Sind in einzelnen Profilen verschiedene Erdarten enthalten, so sind die Begrenzungen dieser eine verschiedene Art der Gewinnung erfordernden Erdgattungen in die einzelnen Querprofile einzutragen, und ist auch jede Kubatur für sich zu berechnen. Diese Linien können bei größeren in Akkord zu vergebenden Erdbewegungen annähernd genau auf Grund der Ergebnisse der Bodenuntersuchung eingetragen werden, oder man berichtigt die vorläufige Berechnung auf Grund der Aufnahmen nach durchgeführter Erdaushebung.

Die Kostenberechnung der Erdbewegung.

13. Sie ergibt sich aus der Größe der Arbeitsleistung und dem Tagelohn.

Die Größe der Arbeitsleistung hängt von der Festigkeit des Bodens ab. Je nach der mehr oder minder schwierigen Gewinnung desselben teilt man den Boden in folgende sechs Kategorien ein:

1. Kategorie. Jedes Material, welches mit Hilfe der Schaufel gewonnen werden kann. Loses Erdreich, Dammerde, Sand usw.

2. Kategorie. Fester Schotter, kiesiger Grund und Lehm, mit Lehm gemengter Schotter; zur Gewinnung sind Krampen und Breithaue erforderlich.

3. Kategorie. Schüttere Konglomerate, verwitterter Tonschiefer, fester kiesiger Tonboden und alles, was nicht mit Schaufel, Breithaue oder Krampen, sondern nur mit der Spitzhaue bearbeitet werden kann.

4. Kategorie. Lockerer Felsen. Jede verwitterte oder weiche Felsart, die nicht in großen Blöcken vorkommt, mit dem gewöhnlichen Brecheisen und dem Keile gebrochen wird, ohne Pulveranwendung; Ton- und Talgschiefer, Mergel- und weicher Sandstein, dichte Konglomerate.

5. Kategorie. Übergang von lockerem in festen Felsen, verwitterter Granit, härterer Sandstein oder Kalkstein.

6. Kategorie. Fester Felsen, alle Arten fester Bausteine.

Die Preisanalyse für Erdarbeiten.

Diese gestaltet sich am einfachsten, wenn der Kostenberechnung jener Betrag zugrunde gelegt wird, den die Gewinnung eines Kubik-

meters kostet. Zu diesem Preise für die Gewinnung wird der Betrag, der für den Transport des Materials entfällt, hinzuaddiert, und man erhält den Gesamtbetrag, der für einen Kubikmeter der Erdbewegung zu entrichten ist. Nach einem vorliegenden Projekte kann somit der Kostenpunkt im vornhinein bestimmt werden, und man gewinnt auch eine Grundlage für Angebote, wenn die Erdarbeit im Akkordwege vergeben wird. Für geübtere Arbeiter kann man folgende Durchschnittsleistungen annehmen. Es erfordert:

1 m³	der 1.	Kategorie	0·25	Handlangerschichten;
1 m³	„ 2.	„	0·40	„
1 m³	„ 3.	„	0·70	„
1 m³	„ 4.	„	0·88	„ und
			0·35	Steinbrecherschichten;
1 m³	„ 5.	„	0·88	Handlangerschichten,
			0·70	Steinbrecherschichten und
			0·15	kg Sprengpulver;
1 m³	„ 6.	„	0·85	Handlangerschichten,
			1·05	Steinbrecherschichten,
			0·30	kg Sprengpulver.

Unter Schichte versteht man die Arbeit eines Tages (gewöhnlich 10 Arbeitsstunden, welche Zahl auch oben vorausgesetzt wurde). Rechnet man eine Handlangerschichte zu ℳ 2·0, eine Steinbrecherschichte zu ℳ 2·5, 1 kg Pulver zu ℳ 1·70, außerdem für die erste Kategorie 7 %, für die zweite 8 %, für die dritte 9 %, für alle übrigen 10 % des Tagelohnes als Zuschlag für Aufsicht und Requisiten, so kostet:

die Gewinnung eines Kubikmeters		der 1.	Kategorie	ℳ 0·55
„	„	„	„ 2.	„ „ 0·88
„	„	„	„ 3.	„ „ 1·52
„	„	„	„ 4.	„ „ 2·90
„	„	„	„ 5.	„ „ 4·17
„	„	„	„ 6.	„ „ 5·36

In einem Tage hebt nach obigem ein geübter Arbeiter aus:

vom Materiale	der 1.	Kategorie	3·79 m³
„ „	„ 2.	„	2·44 m³
„ „	„ 3.	„	1·70 m³

Bei der 4. Kategorie sind auf 7 Handlanger ca. 3 Steinbrecher, bei der 5. auf 7 Handlanger 6 Steinbrecher, bei der 6. auf 7 Handlanger ca. 9 Steinbrecher anzustellen.

Im Nassen sind für erschwerte Arbeit 10 %, für Mehrrequisiten 6 %, zusammen 16 % des Einheitspreises bei den ersten drei Kategorien hinzuzurechnen.

Vorgenannte Arbeitsleistungen gelten für Erdaushebungen bis 2 m Tiefe; für je weitere 2 m Tiefe kommt bei der 1., 2. und 3. Kategorie ein Zuschlag von

0·30 Handlangerschichten zu ℳ 2·00	ℳ 0·60
10 % Aufsicht und Requisiten . .	„ 0·06
zusammen	ℳ 0·66

bei der 4., 5. und 6. Kategorie ein Zuschlag von:

0·14 Handlangerschichten zu ℳ 2·00 .	ℳ 0·28
0·07 Steinbrecher zu ℳ 2·50 . . .	„ 0·18
10 % Aufsicht und Requisiten . . .	„ 0·04
zusammen	ℳ 0·50

Es kostet somit 1 m³ des Aushubes in der 2. Tiefe (von 2—4 m):

von der	1.	Kategorie	ℳ 1·21
„ „	2.	„	„ 1·54
„ „	3.	„	„ 2·18
„ „	4.	„	„ 3·40
„ „	5.	„	„ 4·67
„ „	6.	„	„ 5·86

Für kleinere Erdarbeiten, z. B. Fundamentaushebungen, Gräben, Brücken, Brunnenaushebungen usw., muß man eine etwas geringere Arbeitsleistung ansetzen, da hier die Arbeit erschwert ist, und die Böschungen, Fundamentsohlen usw. sorgfältiger geebnet werden müssen.

Bodenförderung.

a) Auf wagrechter Bahn.

Die hier hauptsächlich in Betracht kommenden Transportmittel sind der Schubkarren, Handkippkarren, Pferdekarren, Kippwagen, bewegt durch Menschen oder Pferde.

1. Der Schubkarrentransport. Dieser wird wesentlich erleichtert durch eine Einlage von Pfosten (4 × 25 cm stark) in den Untergrund. Die Pfosten erhalten auch eingelegte, entsprechend breite Eisenbänder. Die Fahrtgeschwindigkeit v in der Minute beträgt etwa 60 m. Bezeichnet man die durch Stockungen bei der Fahrt von l Stationen zu 100 m herbeigeführte Verzögerung in Minuten mit t_1 $(0{\cdot}8 + 0{\cdot}33\ l)$, mit t_2 die zum Beladen erforderliche Zeit (ca. 2·2 Minuten), i den Inhalt des Schubkarrens ($^1/_{15}$—$^1/_{20}$ m³ gewachsenen Bodens), so ist*) die Zahl der Kubikmeter, die ein

*) Handbuch der Baukunde, Abteilung III, Baukunde des Ingenieurs 4. Heft: Erdarbeiten, Straßenbau, Brückenbau.

Gefäß in 1 Stunde samt Laden fördert $= \frac{60}{t_1 + t_2 + \frac{2 \cdot 100 \cdot l}{v}} \cdot i$ und die Anzahl der Kubikmeter, welche ein Mann, ohne selbst zu laden, in einer Stunde transportiert $= \frac{60}{t_1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot l}{v}} \cdot i$. Dabei ist die zu einer Fahrt erforderliche Minutenzahl, wenn der Arbeiter selbst einfüllt $= \left(t_1 + t_2 + \frac{2 \cdot 100 \cdot l}{v}\right)$, wenn der Schubkarren anderweitig gefüllt wird $= \left(t_1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot l}{v}\right)$.

2. Der Handkippkarrentransport. Hier ist $v = 70$ m, $i = 1/3$ m³. Den Transport und das Laden besorgen zwei Arbeiter. Die Bahn ist womöglich gedielt. Die Entleerung erfolgt meist durch das Herausheben der Hinterwand. t_1 beträgt hier ca. 6, t_2 5·5 Minuten. Die Leistung der Arbeiter ergibt sich durch Einsetzen der Werte in obige Formeln.

3. Pferdekippkarren. In der Bauart ähnlich den Handkippkarren. Fassungsraum etwa 0·5 m³. Ein Pferd genügt für zwei gekuppelte Karren. Das Füllen wird behufs Zeitersparnis von eigenen Arbeitern besorgt. t_1 kann man mit 15 Minuten annehmen, $v = 80$ m pro Minute.

4. Kippwagen auf Eisenbahnschienen (schmalspurige Feldbahnen). Kippbar um eine Längen- oder Querachse, meist aus Eisenblech. Durch Arbeiter geschoben $i = 1{\cdot}0$ m³, $t_1 = 8$ Minuten, $t_2 = 17{\cdot}7$ Minuten, $v = 70$ m.

5. Kippwagen durch Pferde auf Schienen gezogen. Fassungsraum der Kippwagen 1·5 m³. Auf ein Zugpferd rechnet man drei Wagen. $v = 85$ m (pro Minute), $t_1 = 10$ Minuten, $t_2 = 25$ Minuten. Das Laden besorgen zwei Arbeiter.

Das „Handbuch der Baukunde" gibt die Kosten K eines Kubikmeters Erdreich für 1 Stationen zu 100 m, wenn in einer Stunde durchschnittlich 25 m³ zu verführen sind, in Pfennigen nachstehend an:

Förderung durch Schubkarren	Förderkosten	$4 + 18{\cdot}3\,l$
	Nebenkosten	$2{\cdot}8 + 1{\cdot}68\,l$
Handkippkarrentransport	Förderkosten	$12 + 5{\cdot}72\,l$
	Nebenkosten	$4{\cdot}9 + 2{\cdot}14\,l$
Pferdekippkarrentransport	Förderkosten	$16{\cdot}5 + 2{\cdot}76\,l$
	Nebenkosten	$14{\cdot}0 + 1{\cdot}42\,l$

Kippwagen auf Schienen durch Menschen bewegt	Förderkosten	$7{\cdot}7+2{\cdot}53$ l
	Nebenkosten	$5+1{\cdot}8$ l
dto. auf Schienenbahnen durch Pferde bewegt	Förderkosten	$2{\cdot}6+0{\cdot}6$ l
	Nebenkosten	$12{\cdot}6+2{\cdot}22$ l

Die Nebenkosten setzen sich zusammen aus: dem Instandhalten der Bahn, Planieren, Befestigen, Verlegen derselben, Abnutzung der Bahn, Abnutzung der Wagen und der Aufsicht.

b) Auf ansteigender Bahn.

Findet der Transport nach aufwärts statt, so daß mit der Längenverführung auch eine Hebung der Erdmassen stattfindet, so müssen die Transportkosten folgende Zuschläge erhalten:

a) für Schubkarrentransport . . . . $Z = 0{\cdot}06\,S+3$ h
b) für Handkippkarren . . . . . $Z = 0{\cdot}3\,S+2$ h
c) für Pferdekarren . . . . . $Z = 0{\cdot}5\,S+$ h
d) Rollbahn mit Handkarren . . . . $Z = 0{\cdot}25\,S+2{\cdot}5$ h
e) Rollbahn mit Pferden . . . . . $Z = 0{\cdot}7\,S+$ h

Dabei bedeutet Z den Zuschlag zum Förderpreis in Pfennigen, h die Hubhöhe, S die relative Steigung in ‰ (pro 1000 m); z. B. wie hoch stellt sich der Zuschlag zum Transport eines Kubikmeters Erde auf 800 m Distanz bei 20 m Steigung?

Es ist $h = 20$ m; ferner $800 : 20 = 1000 : S$, und $S = 25$ ‰.

Daher für

a) $Z = 0{\cdot}06 \cdot 25+3 \times 20 = 62$ Pfennige
b) $Z = 0{\cdot}3 \cdot 25+2 \times 20 = 48$ „
c) $Z = 0{\cdot}5 \cdot 25+20 = 33$ „
d) $Z = 0{\cdot}25 \cdot 25+2{\cdot}5 \cdot 20 = 56$ „
e) $Z = 0{\cdot}7 \cdot 25+20 = 37$ „

Daraus ist ersichtlich, daß der Transport der Erdmassen durch die Steigung wesentlich verteuert wird. Überdies müssen die Förderungskosten mit Rücksicht auf den heutigen Stand der Arbeitslöhne eine mindestens 30 %ige Erhöhung erfahren.

Projektierung der an den Straßen und Wegen erforderlichen Bauten.

14. Dazu gehören alle Brücken, Durchlässe, Dohlen, Schutzvorrichtungen gegen Absturz, Entwässerungsanlagen am Wegkörper und den Böschungen, Pflasterungen, Stützmauern, Richtungszeiger usw. Da insbesondere die erstgenannten Objekte auf den Kostenpunkt einer herzustellenden Straße einen wesentlichen Einfluß ausüben, so müssen sie ebenfalls in den Projektentwurf aufgenommen werden. Die Abmessungen der Brücken und Durchlässe hängen von der durchzulassenden maximalen Wassermenge, dem Gefälle, der Beschaffenheit

des Untergrundes und sonstigen örtlichen Verhältnissen ab. Diese müssen sorgfältig erhoben und insbesondere die Niederschlagsverhältnisse eingehend festgestellt werden.

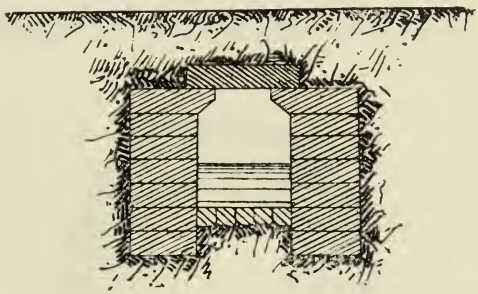

Abb. 15.

Dem Brückenbau ist daher ein spezieller Abschnitt gewidmet. Einzelne Typen der Durchlässe sind aus den Abb. 15, 16, 17, 18, 19, 20 und 21 ersichtlich. Die Abb. 16 und 17 sind gedeckte Durchlässe. Der Kanal besteht aus gemauerten Widerlagern, welche mit Deckplatten überdeckt werden. Diese müssen ein Auflager von 15—20 cm erhalten. Kleine rechtwinklige Stirnmauern — Flügel — ver-

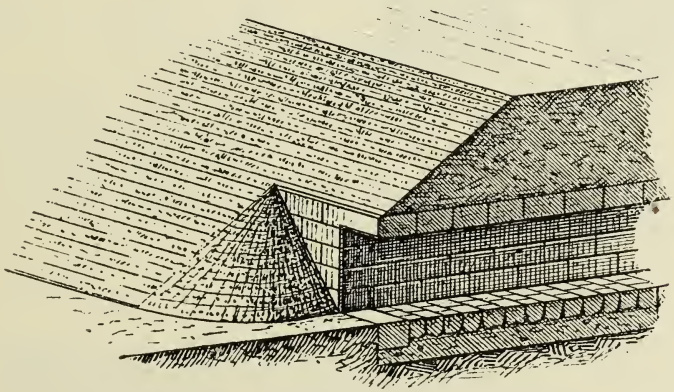

Abb. 16.

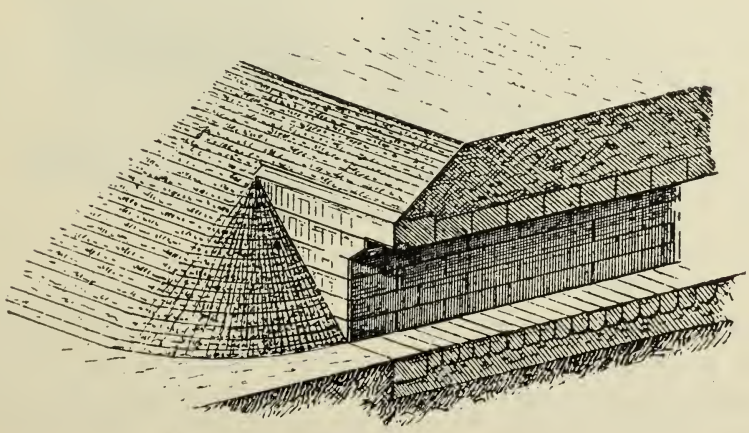

Abb. 17.

leihen den Widerlagern einen besseren Halt gegen den Erddruck und verhindern das Verschütten des Kanals durch abstürzendes Dammmaterial. Die Sohle des Kanals ist gepflastert. Zur Pflasterung empfehlen sich harte, lagerhafte Steine. Gut in Verband gelegt, verhindern sie eine Bloßlegung der Grundmauern. Abb. 18 und 19 zeigt einen gewölbten Durchlaß. Die Dicke des Gewölbes richtet sich nach der Durchlaßweite. Die geringste Dimension bei Ziegelgewölben pflegt man mit 0·16 m anzunehmen. Für die meisten Gewölbe dieser Art genügt eine Stärke von 30 cm.

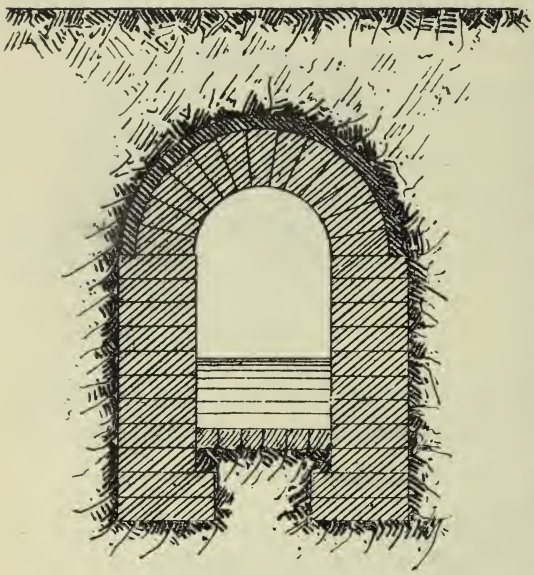

Abb. 18.

Bei geringeren unter dem Straßendamme durchzuleitenden Wassermengen genügt eine Rohrleitung nach Abb. 20. Man bettet die Röhren auf Holzschwellen, um eine Setzung des Rohrstranges und so eine

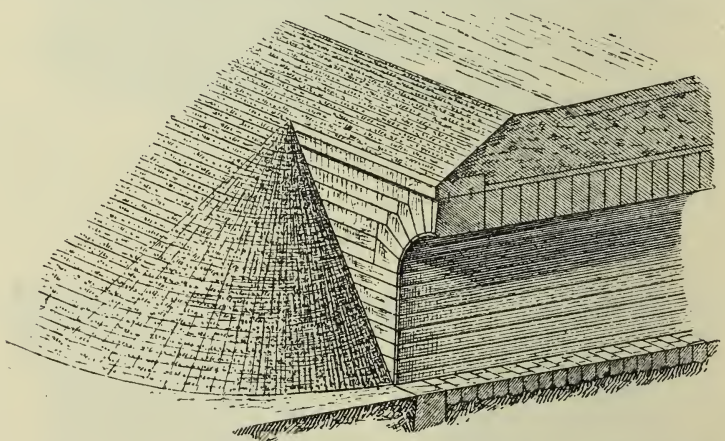

Abb. 19.

Beschädigung desselben zu verhindern. Die Ein- und Ausmündung ist als jener Teil, der Beschädigungen ausgesetzt ist, eingemauert. An jenen Stellen, an welchen eine Übersetzung des Straßengrabens behufs Zufuhr zu den benachbarten Grundstücken er-

forderlich ist, ordnet man kleine Durchlässe, sogenannte Dohlen, an. In den meisten Fällen genügt zu diesem Zwecke ein in die Grabensohle eingebettetes Rohr aus Steingut oder Zement von einem dem Grabenprofil entsprechenden Durchmesser. Der-

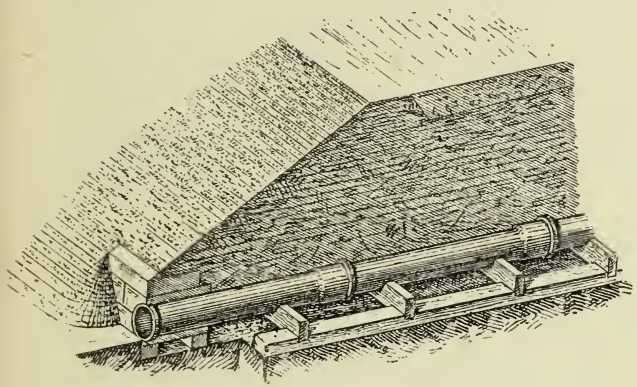

Abb. 20.

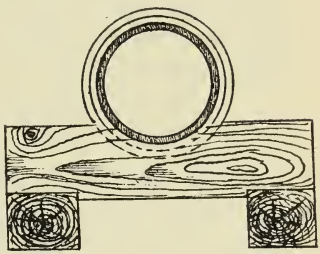

Abb. 21.

artige Röhren besitzen, bei genügender Erdaufschüttung oberhalb derselben, eine bedeutende Tragfähigkeit und Dauer.

Die Kubatur der erwähnten Objekte läßt sich leicht berechnen, nachdem sie sich in einfache Körper zerlegen lassen.

Man findet sohin auch den Bedarf an Steinmaterial, wenn man für 1 m^3 Mauerwerk 1·2—1·3 m^3 Bruchsteine rechnet.

b) Übertragung des Projektes in die Natur.

15. Man steckt die Achse der Fahrbahn durch Pflöcke aus, und zwar an jenen Stellen, an welchen die Querschnitte aufgenommen wurden. Auch die Straßkrümmungen werden in die Natur übertragen. Aus den Querschnitten lassen sich die Entfernungen der Unter- und Oberkanten der Damm- und Einschnittsböschungen nach dem zugehörigen Maßstabe abgreifen. Die erhaltenen Maße überträgt man in die Natur und bezeichnet diese Punkte durch sogenannte Profilpflöcke. Die Richtung für die Böschung, nach welcher die Abgrabung eventuell Anschüttung stattzufinden hat, kann durch die sogenannten Profillatten (Abb. 7 und 8) näher bezeichnet werden. Die Höhe der Anschüttungen bezeichnen entsprechend hohe Pflöcke in der Straßenachse, auch seitlich eingeschlagene Pflöcke, an deren Kopfe die Anschüttungshöhe (z. B. +1·24 m) oder die Abgrabetiefe (—0·72 m) angegeben ist.

Die Vorbereitungen zum Bau erfordern die Anschaffung verschiedener Werkzeuge, als Schaufeln, Spaten, Flach- und Spitzhauen,

Krampen, Eisen- und Holzkeile, Brecheisen, Bohrer für Sprengungen, Visierkreuze, Abwägplatten mit Schrottwagen oder Baulibellen, Stößl, Schnüre usw. Für den Erdtransport Schubkarren, zweirädrige Handkarren, eventuell Kippwägen (Kaps, s. Abb. 51). Zur Unterbringung dieser Geräte empfiehlt sich bei größeren Bauten die Aufstellung einer Holzhütte, am besten dort, wo die größte Tätigkeit entwickelt wird; auch im Nullpunkte zwischen Einschnitt und Damm. Nach dem Umfange der Arbeit und der zum Bau zur Verfügung stehenden Zeit richtet sich die Zahl der aufzunehmenden Taglöhner, Steinbrecher, Maurer und der Fuhrwerke bei größeren Entfernungen.

Die Durchführung des Abtrags.

16. Man trachtet die Gewinnung des Einschnittmaterials in der Weise vorzunehmen, daß der Transport in den Dammkörper im *Gefälle* stattfindet. Die Abgrabung wird demnach terrassenförmig nach der Tiefe zu vorgenommen. Dabei hat man für die Ableitung des Grund- und Tagwassers Sorge zu tragen. Im kompakten, besonders lehmigen Sandboden empfiehlt sich (bei entsprechender Vorsicht) die Anwendung von Keilen, jedoch nur — *mit Rücksicht auf die Gefahr* — für Erdwände von 2—3 m Höhe. Ein lockeres Erdreich wird meist mit den obengenannten Werkzeugen gelöst; verwittertes Gestein (lockerer Sandstein, toniger Schiefer, Geschiebestein) erfordert die Anwendung der Spitzhacke, zugleich des Keiles und Brecheisens. Letztere wendet man auch bei jedem festeren, jedoch geschichteten Gestein an, weil dieses gebrochen jene zweckmäßige Gestalt erhalten kann, welche es zur Aufführung von Bruchsteinmauern und Pflasterungen besonders geeignet macht.

17. *Zur Sprengung des Gesteins* wird meist Sprengpulver oder *Dynamit* verwendet. Letzteres ist Nitroglyzerin, vermengt mit Kieselgur, Infusorienerde usw. in verschiedenen Verhältnissen, und zwar:

Dynamit Nr.	1 = 75 %	Nitroglyzerin	25 %	Kieselgur	
„ „	2 = 45 „	„	55 „	„	
„ „	3 = 35 „	„	65 „	„	
„ „	4 = 25 „	„	75 „	„	

Seine Wirkung ist beiläufig die 4—8 fache von jener des Sprengpulvers. Für lockeren Felsen benötigt man zum Lösen von 1 m^3 ca. 0·12 kg Dynamit, für mittelfesten 0·20 kg, für sehr festen 0·30 kg. Vom Sprengpulver beiläufig die vierfache Menge. Nach *Boloy* und *Kündt* bringen Änderungen der Temperatur, starke

Hitze, selbst direktes Feuer keine Explosionsgefahr, wenn das Dynamit offen liegt, also nicht fest eingeschlossen ist.

Man beginnt mit der Herstellung des Bohrloches, dessen Richtung senkrecht zur Schichtung des Gesteins gewählt wird. Die Tiefe des Bohrlochs beträgt bei hartem Gestein 0·8—1·0 m bei minder hartem bis 3·0 m. Ein Meter Bohrloch erfordert 1·5—2·5 Mineurschichte.

Der mit einer verstählten scharfen Kante versehene Bohrer wird nach jedem auf denselben geführten Hammerschlag gedreht. Die Einstellung des Bohrloches geht leichter vor sich, wenn sich im Bohrloch beständig etwas Wasser befindet. Der sich daselbst bildende Schlamm wird mit einem Löffelchen zeitweilig herausgeschöpft.

Die Ladung mit Sprengpulver. Die erforderliche Menge Pulver wird in das Bohrloch geschüttet, und der übrige Teil des letzteren wird mit getrocknetem Lehm usw. durch ein entsprechend festes Stäbchen festgestampft. Die Zündschnur führt durch die Lehmmasse zum Pulver. Die Anwendung von Eisen zum Feststoßen des Lehmes ist wegen Funkenbildung gefährlich und daher zu untersagen.

Die Dynamitpatrone wird mit der Zündkapsel und Zündschnur adjustiert. Die letztere wird in das gespaltene Ende der Zündkapsel vorsichtig eingezwängt, sodann in die Dynamitmasse eingedrückt und in das Bohrloch versenkt. Sie soll das Bohrloch möglichst ausfüllen, daher pflegt man sie mit einem hölzernen Ladstock fest einzudrücken. Den übrigen Teil des Bohrloches füllt man lose mit Erde (Besatz) aus. Bei mehreren abzugebenden Schüssen müssen die Zündschnüre eine solche Länge erhalten, daß der Feuerwerker sich rechtzeitig entfernen kann. Bei schlechten Zündschnüren oder mangelhafter Adjustierung können Schüsse versagen. Es gebietet die Vorsicht, in diesem Falle länger zuzuwarten, und kann selbstverständlich eine Ausräumung des Bohrloches nicht vorgenommen werden. Die Schüsse sind zu zählen.

Sollen die gewonnenen Steine als Bausteine Verwendung finden, so empfiehlt sich die Anwendung von Sprengpulver. Die durch Dynamit herbeigeführte Erschütterung lockert die Struktur des Gesteins. Außer Dynamit gibt es noch mehrere andere brisante Sprengstoffe.

Aufführung des Straßendammes.

18. Das aus den Einschnitten gewonnene Material findet eine Verwendung zur Anschüttung von Dämmen, wenn die Zufuhrdistanz nicht zu beträchtlich ist. Mitunter empfiehlt es sich, das Einschnittsmaterial seitlich zu deponieren und das für den Damm erforderliche Erdreich aus nächster Nähe zu beziehen.

Guter Rasen ist abzunehmen, derselbe kann zur Sicherung steilerer Damm- oder Einschnittsböschungen Verwendung finden. Seitliche Quellen werden abgefangen, um in einem Punkte vereinigt und unter dem Damm durchgeleitet zu werden. Das Dammmaterial soll vom halben zu halben Meter gestampft werden, bei trockenem Erdreich zugleich angefeuchtet (mittelst Gießkannen). Bei nassem Untergrund empfiehlt sich eine Entwässerung, um die Tragfähigkeit desselben zu erhöhen. Fällt das Gelände seitlich ab, wird der Abhang treppenförmig abgetragen, um eine Abrutschung des Dammes zu verhindern.

19. Die Sicherung der Damm- und Einschnittsböschungen findet statt durch Besamung mit Grassamen, Belag mit Flach- oder Kopfrasen, Abpflasterung mit Steinen, durch Stützmauern, auch durch Holzwände. Bei der Besamung der Böschung bedeckt man dieselben zunächst mit einer Schicht von guter humoser Erde und sorgt für eine zeitweilige Anfeuchtung. Per ha verwendet man ca. 65 kg Grassamen. Bei Rasenverkleidungen befestigt man die einzelnen quadratischen Rasentafeln, deren Abmessungen 25—30 cm bei einer Dicke von 5—8 cm betragen, mit 20 cm langen, 1—2 cm starken Holzpflöcken, welche mit Widerhaken versehen sind. Rasenverkleidungen empfehlen sich bei steilen Böschungen, insbesondere wenn sie zum Abrutschen neigen, auch bei nassen Böden. Eine häufig angewendete Sicherung der Einschnittsböschungen durch Geflechte, welche durch Pflöcke im Boden verankert sind, zeigt Abb. 22. Bei der Abpflasterung der Böschungen ist das Gesetz von „Voll auf Fug" zu beobachten. In die einzelnen Fugen treibt man Kies ein. Allen Pflasterungen muß eine Planierung des Untergrundes vorausgehen.

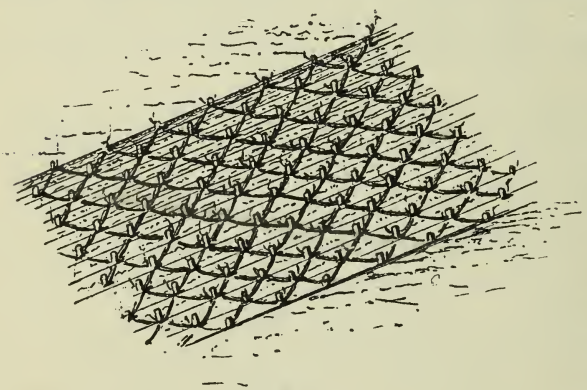

Abb. 22.

Holzwände oder Bohlwerke empfehlen sich für Anschüttungen an Gewässern, z. B. zur Sicherung der Innenseite der Deiche, bei Wegdämmen, welche entlang eines Gewässers führen ꝛc.; die üblichsten Konstruktionen derselben sind aus Abb. 23 und 24 ersichtlich.

Die Dimensionen der Mauern hängen ab vom Erddrucke; dieser von der Höhe, Lagerung und sonstiger Beschaffenheit der Erdschichte. Nach Hagen sollen bei vollkommen durchnäßter

Dammerde die unteren Mauerstärken — auf Zentimeter abgerundet — betragen:

für die Höhe in Metern	Anzug der vorderen Mauerfläche				
	$m = 0$	$m = \frac{1}{5}$	$m = \frac{1}{10}$	$m = \frac{1}{15}$	$m = \frac{1}{20}$
1·0	0·32	0·35	0·33	0·33	0·33
1·2	0·39	0·48	0·40	0·40	0.39
1·5	0·49	0·52	0·50	0·50	0·49
1·8	0·59	0·62	0·60	0·59	0.59
2·0	0·65	0·69	0·66	0·66	0·66
2·1	0·69	0·73	0·70	0·69	0·69
2.4	0·79	0·83	0·80	0·79	0.79
2·7	0·88	0·94	0·90	0·89	0·89
3·0	0·98	1·04	1 00	0·99	0·99
3·3	1·08	1·15	1·10	1·09	1·09
3·6	1·18	1·25	1·20	1.19	1·18
3·9	1·28	1·36	1·30	1·29	1·28
4·0	1·31	1·39	1·33	1·32	1·32

Nach der Berechnung von Français sollen die Mauern eine um ca. $\frac{1}{5}$ größere Dimension erhalten.

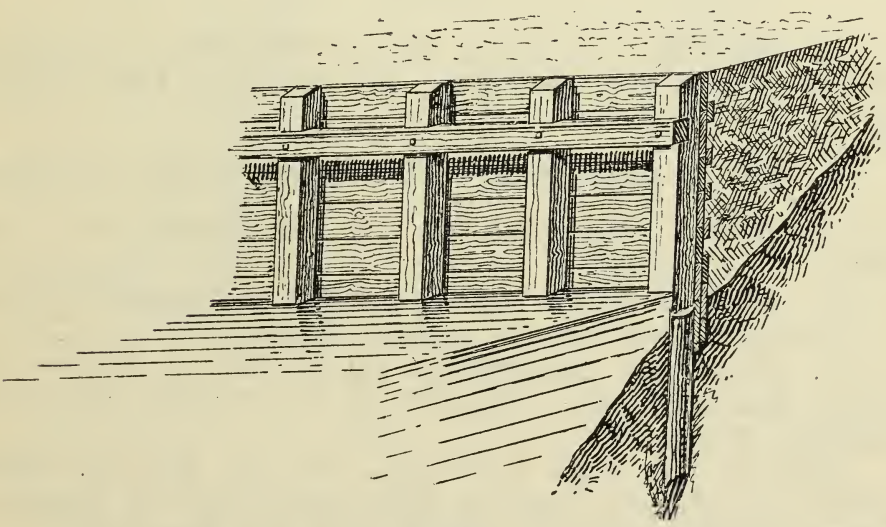

Abb. 23.

In den Abbildungen 25 bis 29 sind die üblichsten Formen der Futtermauern im Querschnitte gezeichnet.

Aus der Berechnung der Mauerstärken zieht Becker*) unter der Voraussetzung gleicher Stabilität folgende Folgerungen:

1. Eine lotrechte Mauer mit Absätzen auf der Rückseite hat bei gleichem Materialbedarf mehr Stabilität als eine Mauer von derselben Höhe, welche auf beiden Seiten lotrecht ist.

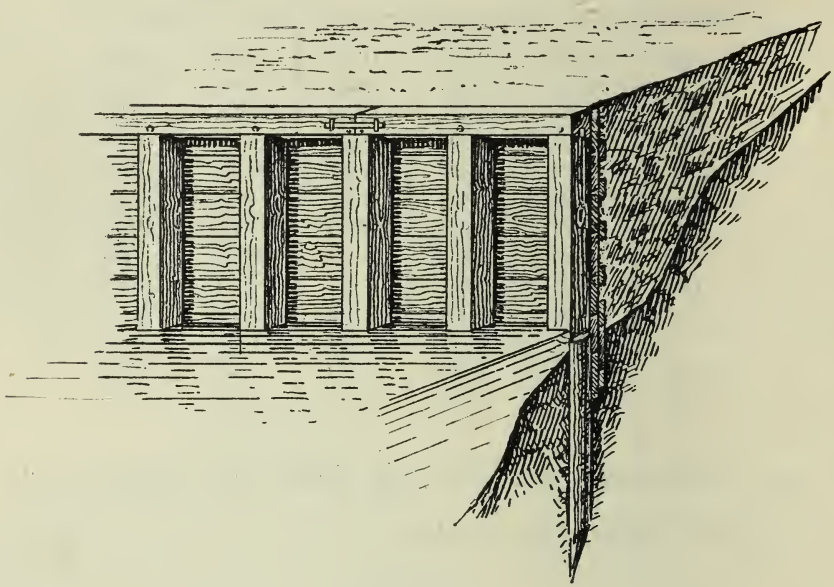

Abb. 24.

2. Eine Mauer mit Anzug auf der Vorderseite hat bei gleichem Materialaufwand mehr Stabilität, wie eine gleich hohe, lotrechte Mauer.

3. Eine geneigte Mauer mit $\frac{1}{6}$ Anzug besitzt bei gleichem Materialaufwand mehr Stabilität wie jede andere ebenso hohe Mauer.

4. Gebogene Mauern mit 22·5 m Radius kommen in Bezug auf Stabilität gleich nach den geneigten Mauern.

5. Mauern mit Strebepfeilern auf der Rückseite erfordern bei gleicher Stabilität weniger Material als die lotrechten oder vorne geböschten Mauern.

Nach Bullet sollen die Mauern 0·35 der Höhe zur Stärke erhalten; für Mauern, welche am Wasser stehen (Kai- und Schleusenmauern) empfiehlt Minard 0·4 der Höhe zur Mauerdicke.

*) Aus M. Becker, Allgemeine Baukunde des Ingenieurs, I. Band, II. Auflage.

Für Ziegelmauern wird als untere Stärke $\frac{1}{5}$ die obere $\frac{1}{10}$ der Höhe empfohlen, überdies erhält die Mauer an der Vorderseite $\frac{1}{6}$ Anzug.

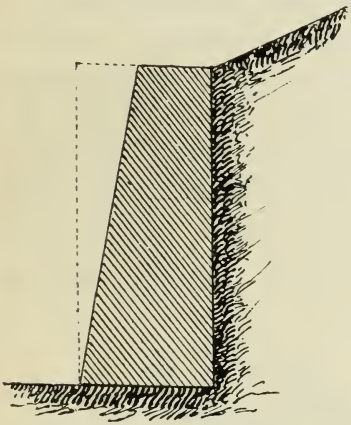

Abb. 25.

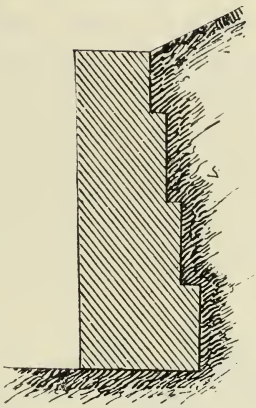

Abb. 26.

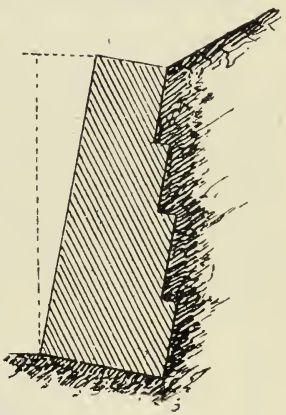

Abb. 27.

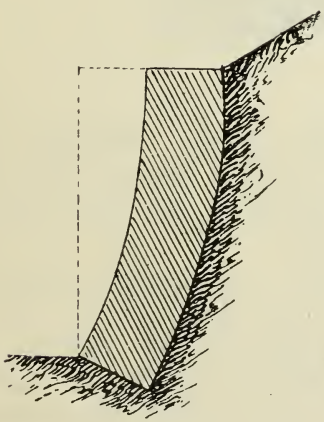

Abb. 28.

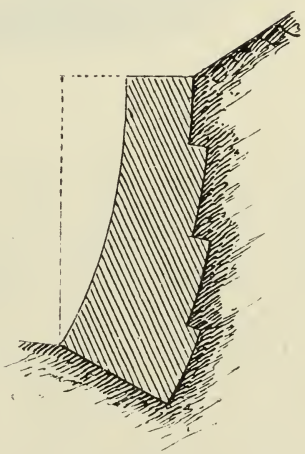

Abb. 29.

Trockenmauern erhalten meist die Hälfte der Höhe zur Stärke.

Morin empfiehlt der Trockenmauer $\frac{5}{4}$ jener Stärke zu geben, welche die Mörtelmauer erhalten müßte.

Bei der Hinterfüllung der Erde hinter die Futtermauern ist darauf zu achten, daß diese erst dann stattfinden darf, wenn die

Mauer durch das Anziehen des Mörtels einige Festigkeit erlangt hat. Überdies muß die Erde in einzelnen Schichten von ca. 0·3 m aufgetragen und jedesmal mit hölzernen Stößern festgestampft werden.

Entwässerung des Unterbaues und der Böschungen.

20. Bei der Herstellung der Einschnitte werden mitunter wasserführende Erdschichten angeschnitten. Solche Stellen leiden durch die beständige Nässe insbesondere dann, wenn infolge ungenügenden Luftzuges und in Ermangelung des direkten Sonnenlichtes eine Austrocknung des Untergrundes nicht stattfinden kann. Um dem Straßenkörper die Feuchtigkeit zu entziehen, wendet man meist eine Steindrainage etwa in der Weise, wie in Abb. 30 angegeben, an. Die bis zu einer Tiefe von etwa 1 m ausgehobenen

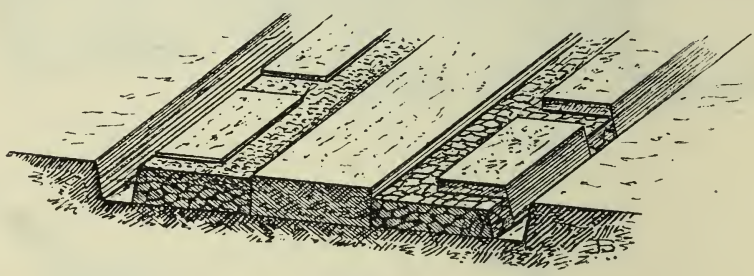

Abb. 30.

Gräben werden mit Steinen von Schottergröße ausgefüllt. Das in den Draingräben sich ansammelnde Wasser gelangt auf der geneigten Sohle entweder in den Straßengraben oder tritt auf Abhängen seitlich aus der Böschung heraus.

Die Abhänge der Einschnitte sichert man gegen die Wirkung des Grund- und Tagwassers durch Sickerschlitze. Es sind dies seichte, ca. 30 cm breite, und mit Steinen, welche auf der Oberfläche ein Pflaster bilden, gefüllte Kanäle. Das Wasser, das den Böschungen entzogen wird, gelangt durch diese Kanäle in den Straßengraben. Vereinigt man die Sickerschlitze entsprechend untereinander, so verleihen sie der Einschnittsböschung auch einen größeren Halt.

c) Herstellung der Fahrbahn.

21. Durch die Abgrabung der Erhöhungen und Anschüttung der Vertiefungen nach der ausgestreckten Weglinie hat man zwar möglichst ebene Flächen erhalten und die unzulässigen Steigungen beseitigt. Diese geebnete Bahn besitzt jedoch meist nicht jenen Grad

von Festigkeit, um schwerem Fuhrwerk genügenden Widerstand entgegenzusetzen. Es ist demnach nach erfolgter Planierung noch die Herstellung einer eigenen Fahrbahn notwendig.

Gewisse Erdarten erlangen, wenn sie entsprechend hoch über dem natürlichen Erdreich angeschüttet und festgestampft sind, und wenn durch eine Wölbung der Straße und durch Seitengräben für eine rasche Ableilung des Regenwassers gesorgt ist, jenen Grad von Festigkeit, daß landwirtschaftliche Fuhren auf solchen Fahrbahnen gut verkehren können. Es ist dies insbesondere jenes Mischungsverhältnis zwischen Sand und Ton, wo der letztere nur die Zwischenräume im Sande ausfüllt, nämlich ca. 11 Teile Sand auf 10 Teile Ton. Bedeutende Festigkeit erlangt eine solche Fahrbahn durch ein 4—5 maliges Walzen der etwas angefeuchteten Fläche mit 50—60 q schweren Walzen, welches zunächst entlang den Straßengräben, sodann in der Mitte vorgenommen wird.

22. Bei Kiesbahnen wird die Fahrbahn in der Weise gebildet, daß auf die gewölbte und gewalzte Oberfläche eine dünne Lage feuchten Lehms aufgetragen und gleichmäßig ausgebreitet wird. Diesen Lehm walzt man fest, streut Kies darauf und walzt diesen in die Lehmunterlage ein. Die so erhaltene Gesamtdicke der Fahrbahn beträgt 15—20 cm.

23. In morastigen Stellen versinkt zum größten Teile jeder aus Steinmaterialien bestehende Oberbau; die einzelnen Steine werden durch die Fuhrwerke in den Boden eingedrückt. In solchen Lagen empfiehlt sich die Herstellung der sogenannten Prügelwege. Diese bestehen aus einer Art Brückenbahn, welche das Gewicht des Wagens auf den Untergrund gleichmäßig überträgt. Man legt in einer der Breite der Fahrbahn entsprechenden Entfernung Längsschwellen (bei größeren Breiten überdies eine in der Mitte) und quer über dieselben sogenannte Prügel (schwache Rundhölzer) mit dem starken und schwachen Ende abwechselnd. Die Prügel müssen an die Schwellen durch Birken- oder Haselnußreiser befestigt werden. Auf diese Unterlage führt man eine Schichte von geeignetem Material in einer Höhe von 25—30 cm auf; es eignet sich hierzu bei Feldwegen am besten mit Lehm gebundener Kiesboden; bei Straßen verwendet man zur Herstellung der Fahrbahn eine der später zu besprechenden Decklagen.

24. Eine erhöhte Tragfähigkeit wird dem nachgiebigen Untergrund bei vorhandenem Reisigmaterial von Bäumen, deren Holz der Nässe Widerstand leistet, durch aus diesem Reisig hergestellte Faschinen verliehen. Aus dem Reisig werden Bündel (Faschinen) von 0·3—0·4 m Dicke verfertigt, indem man das Reisig in Entfernungen von 30 cm mit biegsamen Ruten fest verschnürt. Die Länge der

Faschinen entspricht der Breite der Fahrbahn. Die dicht aneinander gelegten und durch Pfähle an den Boden befestigten Reisigbündel erhalten eine Erd- oder Kiesaufschüttung, damit die Räder der Fuhrwerke die Bindestellen des Reisigs nicht beschädigen können. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit wird auch eine doppelte Lage von Faschinen angewendet, von denen die unteren in die Wegrichtung zu legen sind.

25. Zur Ausbesserung morastischer Stellen und in nassem lehmigen Untergrunde genügt bei gewöhnlichen Feldwegen eine Lage von Tannen- oder besser Fichtenästen, welche in der Weise zu legen sind, daß die untere Schichte die vom Reisig befreiten Äste bilden, die obere Schichte aber aus dem Reisig selbst besteht. Die Äste legt man mit dem dicken und dünnen Ende abwechselnd. Auf diese möglichst gleichmäßig geebnete Unterlage wird eine trockene bündige Anschüttung aufgeführt. Bei allen letzterwähnten Aufbesserungsmethoden ist dafür zu sorgen, daß die Unterlage nicht zu Tage tritt, sondern durch die Anschüttung beständig geschützt bleibt.

Herstellung der Fahrbahn durch Beschotterung.

26. Diese Art der Herstellung der Fahrbahn findet die ausgebreitetste Anwendung. Sie erfordert einen ebenen und genügend festen Untergrund und ein widerstandsfähiges, gut verbundenes Deckmaterial. Man bildet die unterste Schichte aus größeren Steinen und verwendet nach oben zu eine immer kleinere und womöglich härtere Steingattung. Die oberste Schotterschichte besteht aus Steinen von 3—4 cm Durchmesser.

Für ein Landfuhrwerk genügt eine Gesamtdicke der Beschotterung von 0·15 bis 0·18 m, für Landes- und Reichsstraßen (Fuhrwerke bis 100 q Ladung) bringt man eine Beschotterung von 0.3 m an. Nach Umpfenbach ist für eine 16 cm hohe Versteinung die erste Schichte aus 8 cm großen Steinen, die zweite aus Steinen von 3—4 cm Durchmesser zu bilden; für eine 24 cm dicke Versteinung empfiehlt er als untere Schichte Steine von 8—10 cm, für die zweite 8 cm, die weiteren mit 5 cm; für 30 cm hohe Versteinungen drei Schichten, und zwar die unterste 16 cm hoch mit 13—15 cm großen Steinen, die zweite vom Durchmesser 8—10 cm (Ausgleichslage). Die Decklage besteht bei allen angeführten Versteinungen aus Steinen von 3—4 cm Durchmesser.

Die Verwendung sogenannter Bord- oder Randsteine (Platten zwischen der Versteinung und dem Bankett von 10—15 cm Höhe) ist aus dem Grunde empfehlenswert, weil ein Ausweichen der Steinbahn nach dieser Richtung erschwert wird. Es empfiehlt

sich, dieselben nicht bis an die Oberfläche reichen zu lassen, sondern mit einer Schotterlage zu überdecken.

Bezüglich des zur Fahrbahn zu verwendenden Steinmaterials sei erwähnt, daß nur besonders feste Steine verwendet werden sollen. Als solche gelten der Granit, Gneis, Quarz, Porphyr, Basalt.

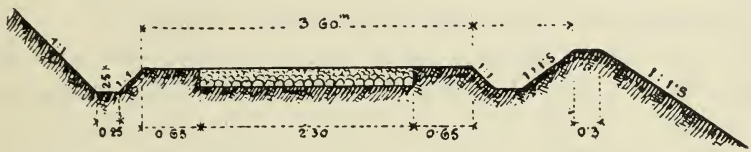

Abb. 31.

In den meisten Ländern erhalten die Straßen erster Klasse eine Dicke von 0·32 m, zweiter Klasse 0·26—0·29 m, dritter Klasse (Gemeindestraßen) 0·23 m in der Straßenachse.

Die Steine in der ersten Lage werden pyramidenförmig aufgestellt; flache Steine senkrecht zur Wegachse. Die Zwischenräume

Abb. 32.

sind in allen Schichten mit reinem Kies oder feinem Schotter, kurz einem nicht zusammendrückbaren Materiale ausgefüllt. Auch die beiderseitigen Bankette werden ca. 3 cm hoch mit einer Mischung von grobem Sand und Lehm überdeckt.

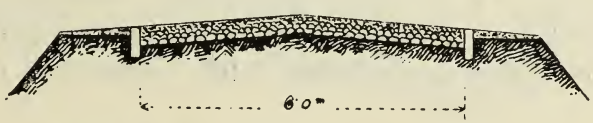

Abb. 33.

Abb. 31 zeigt einen zweckmäßigen Normalquerschnitt für einen Feldweg, Abb. 32 den Querschnitt einer Bezirksstraße, Abb. 33 einen ebensolchen mit Randsteinen.

Sehr wichtig ist das Walzen neugebauter Straßen und zwar mit Walzen von ca. 25 q Gewicht; man beginnt entlang der Bordsteine und schreitet gegen die Mitte zu. Später werden schwerere Walzen genommen respektiv die leichteren Walzen bis auf 50 q be-

lastet. Zur Erzielung eines guten Erfolges ist eine gewisse Feuchtigkeit erwünscht. Nach einem 4—5 maligen Befahren erhält die Steinbahn eine entsprechende Festigkeit; die Steine verkeilen sich gegenseitig. In Deutschland wird die zweite Schichte und die Decklage, in Österreich meist nur diese gewalzt. Die Mühe und Sorgfalt, mit welcher diese Operation vorgenommen wird, wird durch eine große Dauerhaftigkeit und Güte der Straße belohnt.

Mit drei Paar Pferden walzt man ca. 3000 m^2 pro Tag.

Nach Mac-Adam wird die Steinbahn aus Schotter von gleicher Größe, jedoch bester Qualität in einer Stärke von 30 cm und darüber hergestellt. Er verlangt insbesondere einen trockenen Grundbau, was er dadurch erzielt, daß er die Steinlage erst ca. 10 cm über dem Wasserspiegel der Seitengräben beginnen läßt. Die Steine werden scharfeckig geschlagen und in ganz dünnen Lagen nach und nach aufgeworfen, so daß jede nachfolgende Schichte alle Zwischenräume der vorhergehenden ausfüllt. Straßen dieser Art nennt man macadamisierte Straßen.

Straße mit Grundbau und Beschotterung.

27. Straßen von bedeutenderer Frequenz erhalten nach Abb. 34 zunächst einen Grundbau aus größeren Steinen; auf diesen kommt die Beschotterung, darauf dann eine Kieslage. Die Steine des

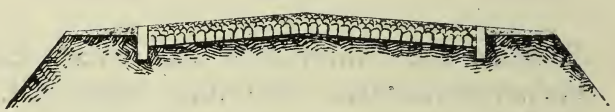

Abb. 34.

Grundbaues, 12—15 cm hoch, bilden einen gewölbeartigen Bogen, dessen Fuß meist aus größeren Randsteinen gebildet wird. Nachdem der Druck des Rades diese Steine nicht unmittelbar trifft, so be-

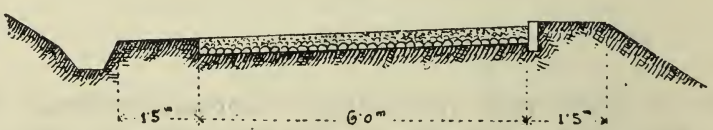

Abb. 35.

nötigen sie nicht jenen Grad von Härte und Festigkeit, wie die zur Schotterlage verwendeten Steine. Es eignet sich hierzu daher auch Sandstein mit tonigem Bindemittel, der Muschelkalk usw.

Abb. 35 zeigt eine Straße mit einseitiger Neigung, wie solche bei Gebirgsstraßen angeordnet werden. Das Regenwasser läuft in den auf der Bergseite befindlichen Straßengraben ab.

Gepflasterte Straßen.

28. Die größeren Kosten, welche mit der Herstellung einer gepflasterten Steinbahn verbunden sind, gestatten nur in besonderen Fällen die Verwendung von Pflastersteinen zur Straßenherstellung. Man wendet sie an zur Pflasterung der Gassen in Städten und der Straßen, soweit sie durch Ortschaften führen, sowie in jenen Straßenteilen, auf welchen täglich zahlreiche und besonders schwere Frachtenfuhrwerke verkehren. Als Material benützt man entweder

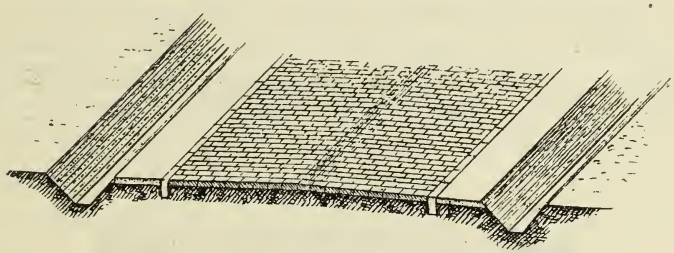

Abb. 36.

roh bearbeitete, meist unregelmäßige Bruchsteine von entsprechender Härte für gewöhnliche Pflasterungen, ferner würfelförmige Steine mit möglichst ebenen Flächen oder auch künstliche aus Lehm gebrannte Steine (Klinker). Sie werden entweder in Reihen rechtwinklig zur

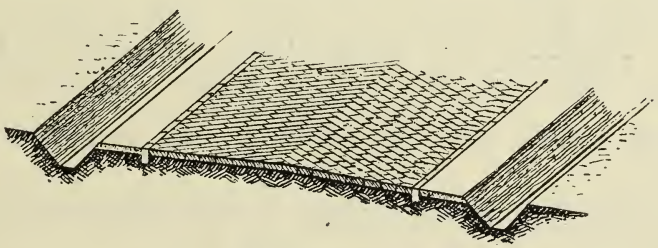

Abb. 37.

Straßenachse gelegt (Reihenpflaster) (Abb. 36) oder diagonal, nach Abb. 37. Das letztere Pflaster bietet den Zugtieren durch die Lage der Fugen einen mehr sicheren Halt. Die Herstellung desselben ist jedoch schwieriger, als die des vorgenannten Pflasters. Abb. 38 zeigt die in Städten übliche Form der Pflasterung der Fahrbahn und der Fußwege.

29. Als Unterlage für das Pflaster dient ein reiner,

jedoch gröberer Sand oder feiner Schotter, welcher angefeuchtet und gehörig zusammengepreßt wird. Man beginnt mit dem Legen der etwas größeren Randsteine, zunächst in gewissen Abständen. Sie erhalten mit Hilfe der Absehkreuze die richtige Höhe. Die übrigen können sodann endgiltig nach der Setzlatte gelegt werden. Zum Setzen der Steine der Fahrbahn benutzt man ein der Querschnittsform der Straße entsprechend ausgeschnittenes Brett. Jeder Stein wird mit Sand unterlegt und sodann mit der Handramme nach der Schablone eingestampft. In die Fugen streut man Sand und zwängt denselben mit flachen Eisen ein. Obenauf kommt eine 2—3 cm hohe Sandschicht, die durch den Verkehr noch in die Fugen eingetrieben wird.

30. Für Hauseinfahrten empfiehlt sich ein Holzklötzchenpflaster, gelegt auf geebneten festen Untergrund mit der Faserrichtung vertikal. Die Fugen werden mit heißem, in Teer gelöstem Pech vergossen. Dieses Pflaster verhindert eine starke Erschütterung der Mauern, und der Verkehr geht geräuschlos vor sich. Zu Holzklötzchen eignet sich besonders trockenes Eichenholz und Lärchenholz auf einer Unterlage von trockenem Schutt oder Schotter.

Abb. 38.

31. Die Wölbung der Bahn. Bei besserem Material und guter Erhaltung der Straße kann die Wölbung flacher gehalten sein, ebenso bei Straßen in Gefälle. Bei Schotterstraßen in der Ebene beträgt sie in der Mitte $\frac{1}{40}$, bei gepflasterten Straßen $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{80}$, bei Straßen im Gefälle $\frac{1}{60}$ der Straßenbreite.

Bei Straßenkrümmungen pflegt man das Gefälle nach einer Seite hin, der Bergseite, anzuordnen, ebenso bei Straßen entlang einer Berglehne.

Bei stark abfallenden Straßen müssen überdies Quermulden angelegt werden, die das auf der Straße rinnende Wasser seitlich in den Straßengraben ableiten. Damit sie kein Verkehrshindernis abgeben, müssen sie möglichst flach gehalten sein und schräg zur Wegachse angelegt werden.

Der Straßengraben erhält einen der abzuleitenden Wasser-

menge angepaßten Querschnitt; die Sohle ist 0·2—0·3 m breit, die Grabentiefe beträgt 0·4—0·5 m, die Böschungen sind einfüßig oder anderthalbfüßig.

Bei der Herstellung der Straßenoberfläche und der Gräben müssen die Abwäglatten und Absehkreuze fleißig gehandhabt werden. Zur genauen Aussteckung von geraden Linien wendet man Pflöcke und Schnüre an. In gewissen Abständen werden mit Hilfe von Schablonen richtige Querschnittsformen festgestellt und sodann der dazwischenliegende Teil der Straße mit Absehkreuzen geebnet.

Beurteilung der Baumaterialien.

32. Zur Herstellung der Durchlässe, Stützmauern usw. bei Straßen und Wegen, ebenso im Wasserbau und Brückenbau, finden die natürlichen Bausteine allgemeine Verwendung. Es ist daher notwendig, jene Eigenschaften derselben kennen zu lernen, welche sie zur Errichtung der Mauern besonders geeignet machen.

Gewöhnlich besitzen jene Steine, welche eine feinkörnige Struktur, bedeutende Dichte (großes spezifisches Gewicht) und eine gleichmäßige Farbe aufweisen, den zur Herstellung dauerhafter Mauern erforderlichen Grad von Festigkeit.

Für Mauerwerke, welche der Nässe ausgesetzt sind, müssen die Steine dieser sowohl, wie auch der Wirkung des Frostes Widerstand leisten können. Man prüft den Stein nach dieser Richtung, indem man denselben den Winter hindurch dem Einflusse der Witterung aussetzt und im Frühjahre die etwaigen Veränderungen feststellt.

Manche Steine sind im Bruche feucht. Es sind dies solche, welche größere Mengen Ton enthalten. Naß verwendet, binden sie mit dem Mörtel nicht und trocknen sehr schwer aus. Es empfiehlt sich, dieselben vorerst gut auszutrocknen und sodann durch einen guten Verputz gegen die Nässe zu schützen. Die Bearbeitung geht jedoch leichter vor sich, solange sie noch die Bruchfeuchtigkeit besitzen. Die tonigen Steine eignen sich besonders zu Feuerungsanlagen.

Enthalten die Steine lösliche Salze, so verwittern sie leicht. Desgleichen die grobkörnigen und aus verschiedenen ungleichartigen Mineralien bestehenden Steine; ferner solche, welche Adern oder eingesprengte Nester von Eisenoxyd oder Manganoxyd enthalten. Die Kalkstein oder Kalk enthaltenden Steine widerstehen den Einflüssen der Säuren nicht (Kanäle für Abwässer). Auch bildet sich der Mauerfraß oder Salpeterfraß dort, wo stickstoffhaltige Stoffe in Fäulnis übergehen (Bildung von Ammoniak in Kanälen der Stallungen).

Zu den härtesten Steinen zählen: der Granit (Feldspat, Quarz, Glimmer), der Syenit (meist Feldspat und Hornblende), Quarz, Basalt (meist Augit und Feldspat), Porphyr. Diese Steine empfehlen sich dort, wo eine große Tragkraft und Dauerhaftigkeit beansprucht wird. Doch sind sie sehr schwer zu bearbeiten. Vorzüglich geeignet sind dieselben zur Herstellung des Straßenoberbaues.

Zu Bauten, welche beständig unter Wasser sind, dient der Übergangskalk. Zu sonstigen Mauern der Alpenkalk, Jurakalk, Muschelkalk, ferner der Kieselsandstein, roter Sandstein, Tonsandstein kalkhaltiger Sandstein.

Bezüglich der Form unterscheidet man gewöhnliche Feld- oder Lesesteine, unregelmäßige Bruchsteine, Zockel- oder Ellensteine in rohen langen Prismen, endlich Quader.

Der Mörtel. Dieser hat den Zweck, die Bausteine untereinander gut zu vereinigen. Er besteht aus Kalk, Sand und Wasser.

Der Kalk. Der Kalkstein gibt gebrannt drei Gattungen von Kalk:

1. den gewöhnlichen oder Luftkalk, verwendbar zum Mauerwerk im Trockenen;

2. den hydraulischen Kalk oder Wasserkalk für Wasserbauten;

3. den Zement, ebenfalls zu Wasserbauten, erhärtet sehr rasch und erhält bedeutende Festigkeit.

Kalksorten, welche wenig oder keine fremde Beimengungen enthalten, nehmen beim Löschen viel Wasser auf und vergrößern ihr Volumen (gedeihen). Der Kalkbrei fühlt sich fettig an und verträgt einen größeren Zusatz von Sand. Ein solcher Kalk ist besonders zur Herstellung von Mauern im Trocken geeignet. Man schätzt seinen Wert nach dem Grade der Fettigkeit. Er gewinnt an dieser Eigenschaft, wenn man ihn nach dem Löschen einsumpft (die gelöschte Kalkmilch in Gruben luftdicht aufbewahrt). Es findet eine gründliche Zersetzung der einzelnen Kalkkörnchen zu einer zähen fettigen Masse statt.

Je mehr fremde Bestandteile, insbesondere Kiesel- und Tonerde, Magnesia sowie verschiedene Metalloxyde der Kalk enthält, desto magerer wird er, dagegen wachsen bis zu einem gewissen Grade seine hydraulischen Eigenschaften. Ein Tongehalt von ca. 30 % macht den Kalk sehr gut hydraulisch. Diese Eigenschaft beginnt schon bei 10 % Tongehalt.

Zemente bestehen aus ca. 40—60 % Ton und 60—40 % Kalk. Sie werden in feinpulverisiertem Zustande zubereitet und in

Tonnen oder Säcken in den Handel gebracht. Der hydraulische Kalk braust beim Löschen mit Wasser auf, jedoch mit weniger Wärmeentwicklung als der magere Kalk, auch verträgt er weniger Wasser und löscht sich nicht vollkommen. Dagegen findet beim Anmachen des Zements mit Wasser kein Aufbrausen statt, der Zement erhärtet jedoch unter Wasser bedeutend rascher als die hydraulischen Kalke. Fetter Kalk gibt mit Zement ebenfalls hydraulischen Kalk.

Die Zemente und hydraulischen Kalke kommen bereits im natürlichen Gestein in der entsprechenden Zusammensetzung vor; durch entsprechende Mischungen von Kalk und Ton können dieselben auch künstlich bereitet werden.

Der Sand kommt als Bach- und Flußsand oder als Grubensand vor. Unter den Mineralien ist der Quarzsand zur Mörtelbereitung am besten geeignet. Der Bachsand hat unregelmäßige Körner, muß daher durch Siebe geworfen (geharft) werden. Runde Sandkörner, vom Wasser abgeschliffen, binden wegen der geringeren Oberfläche mit dem Kalk weniger gut. Dagegen pflegt der Grubensand bei meist eckigen Formen Erdteilchen zu enthalten, wodurch seine Bindekraft leidet. Den Ton kann man durch das Waschen beseitigen.

Für grobes Bruchsteinmauerwerk eignet sich gröberer Sand, für Ziegelmauern wird feinerer Sand verwendet, zu feinen Verputzarbeiten nimmt man besonders reinen (reschen) und feinkörnigen Sand.

Bei der Mörtelbereitung ist darauf zu achten, daß ein inniges Gemenge zwischen Sand und Kalk gebildet wird, wobei der Kalk gerade nur die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern auszufüllen hat. Das Gemenge soll eine gleichmäßige Färbung beim Umrühren mit dem Rechen oder der Krücke zeigen (weder weiße Striemen von Kalk noch graue von unvermischten Sandteilchen). Man nimmt Sand zu Kalk wie 2 : 1 oder auch 3 : 1.

Das spezifische Gewicht des Mörtels beträgt ca. 1·6—1·8.

Preise der Baumaterialien.

33. Die hier angeführten Beträge gestatten wohl nicht allgemeine Anwendung, da die Einheitspreise von der Entfernung der Zufuhrstelle und anderen Umständen abhängen. Immerhin gewähren sie annähernde Anhaltspunkte für Kostenüberschläge im Straßenbau.

Können die Baumaterialien in der Nähe beschafft werden, so kostet:

Trockenmauerwerk aus Bruchsteinen pro 1 m^3 ca. . . 7·— *M*

Bruchsteinmauerwerk aus lagerhaften festen Bruchsteinen in Weißkalkmörtel . . . . . 13·— „

Bruchsteinmauerwerk in Portlandzement	22·— ℳ
Bruchsteinpflaster für Durchlässe, trocken 0·15—0·2 m stark, per m^2	2—3 „
Bruchsteinpflaster in hydraulischem Mörtel per m^2	5·— „
1 m^2 Holzklötzchenpflaster 10 cm hoch per m^2	1·5— „
Grundbau bei Straßen inkl. Materialbeistellung per m^3	4·— „
Herstellung der Beschotterung samt Material und Arbeit per m^3	4—5 „
Beistellung von Reserveschlägelschotter per m^3	3·— „
Besandung frischer Beschotterung per m^2	0·2 „
Walzen der Straße per km	10·— „
Steinwürfe als Schutz der Böschungsfüße und Fundamente per m^3	5—6 „
Abweispflöcke aus Lärchenholz samt Ankohlen und Versetzen per Stück	—2 „
1 m^3 Bausand samt Material, Zufuhr und Reinigung	14·— „
1 m^3 gelöschten guten fetten Kalk (eingesumpft)	15·— „
1 m^3 gelöschten mageren hydraulischen Kalk (700 kg gebrannte Kalksteine)	35·— „
1 m^3 Mörtel aus fettem Kalk, Sand : Kalk = 2 : 1 Material samt Bereitung	10·— „
1 m^3 aus hydraulischem Kalk, Kalk : Sand = 1 : 1 Material samt Bereitung	25·— „
1 m^3 Mörtel aus Portlandzement, Kalk : Sand = 1 : 1	90·— „
1 m^3 mageren (hydraul.) Mörtel durch Mischung aus fettem Kalk und Zement (2 Teile Kalk, 1 Teil Zement) 6 Teile Sand	25·— „
1 m^3 Beton, 2 Teile Schlägelschotter, 1 Teil hydraul. Mörtel	30·— „
Rasenstechen und Deponieren per m^2	0·15 „
Flachrasenverkleidung: Erzeugung, Beifuhr auf ca. 50 m Entfernung und Schlichtung, Legen und Befestigen mit 25 cm langen Pflöcken, Pracken und Begießen, zusammen	0·4 „
Kopfrasenverkleidung, wie früher	1·— „
Anblümung der Böschungen, Auflockern mit eisernen Rechen, Samenausstreuen und Pracken, st. Anschaffungskosten für Grassamen per m^2	—0·06 „

Bei den Preisen für Steinmauerwerk ist die Zufuhr auf höchstens 400 m Entfernung vorausgesetzt. Für die Zufuhr auf 1200 m Entfernung verteuert sich 1 m^3 um 1 ℳ, bei 2000 m um 2 ℳ.

Der Tagelohn für gewöhnliche Arbeiter ist mit 2 ℳ angenommen,

Maurertagelohn 3·5 ℳ. Der Durchschnittspreis für vierkantig bezimmertes weiches Bauholz ohne Unterschied der Stärke samt Zufuhr, Anarbeitung und Aufstellung pro m^3 50 ℳ, dito Eichenholz 95 ℳ, für einen Zimmermannstagelohn von 3·5 ℳ.

Die Unterhaltung der Straßen und Wege.

34. Die Aufgabe der Unterhaltung der Straßen und Wege besteht darin, sie in jenem Zustande zu erhalten, in dem sie nach der Vollendung übergeben wurden. Alle durch das Wasser, die Luft, die Fröste und den Verkehr erfolgten Beschädigungen des Wegkörpers müssen rechtzeitig ausgebessert werden, um die mit größeren Ausbesserungen verbundenen bedeutenderen Kosten zu ersparen. Insbesondere schädigt den Straßenkörper und Verkehr Staub und Kot, die rechtzeitig zu beseitigen sind. Die zerstörten Teile der Straße müssen neu ersetzt und die Straßengräben im normalen Querschnitt erhalten werden.

Die Unterhaltungskosten der Straße hängen ab von der Frequenz, der Bauart und dem Gewicht der Fuhrwerke, der Dauerhaftigkeit und Festigkeit des Baumaterials, sowie dessen Preis.

Nach Bockelberg nützen eine 5 m Schottersteinbahn ca. 35 000 schwere Fuhrwerke um 4 cm ab. Daraus lassen sich die Unterhaltungskosten durch die Beschotterung bestimmen.

Die Ausbesserung der Beschotterung wird auf eine zweifache Weise vorgenommen. Entweder füllt man die entstandenen Geleise mit Schotter aus, oder es wird eine vollständig neue Schotterdecke aufgetragen. Das erstere System verdient den Vorzug. Besonders eignet sich hierzu eine feuchte Witterung, am besten der Herbst. Man beseitigt den Kot, füllt die Geleise in der Tiefe mit gröberen, oben und an den Rädern mit kleineren Steinen und sorgt dafür, daß die durch den Verkehr aus ihrer Lage gebrachten Steine wieder in die Geleise eingereiht werden.

Beziehungen zwischen den Herstellungs- und Erhaltungskosten und dem Transport.

35. Der für die Aufbesserung eines Weges aufgewendete Betrag, sowie die Kosten für dessen Erhaltung müssen zum Transport in einem günstigen Verhältnisse stehen; das aufgewendete Kapital muß sich gut verzinsen. Rechnet man zu der jährlichen Summe für die Amortisation des zum Baue erforderlichen Kapitals die jährlichen Erhaltungskosten hinzu, so wird nur jene Straßenanlage als die entsprechendste bezeichnet werden können, bei der mit Berücksichtigung

des für das Fuhrwerk selbst entfallenden Lohnes die Transportkosten für den Meterzentner sich am niedrigsten stellen.

Bezeichnet man mit k die Kosten eines Meterzentners Fracht für das Kilometer Straße, insoweit sich dieselben aus dem Transport allein ergeben (unter Berücksichtigung der vom Reibungskoeffizienten abhängigen Zahl der Zugkräfte, samt Amortisation des für die Pferde und Wagen angewendeten Kapitals, Erhaltung des Kutschers, Futter, Streu, Beschlag, Geschirr, Stall und Stallgerät usw.), mit Q die Anzahl Meterzentner, die jährlich auf dieser Straße befördert werden, berücksichtigt man überdies die jährliche Amortisationsquote z für die Straßenherstellung und den Betrag U für deren jährliche Erhaltung, so stellt sich der Preis t für den Transport eines Meterzentners Fracht aus der Gleichung

$$t\,Q = k\,Q + U + z$$

$$t = k + \frac{U + z}{Q}.$$

Unter welchen Verhältnissen ist für ein bestimmtes Q der Transportpreis t für den Meterzentner am geringsten? Unzweifelhaft übt auf diesen Wert der Betrag k einen wesentlichen Einfluß aus, und dieser hängt hauptsächlich vom Reibungswiderstande der Fahrbahn ab.

Ist ein Gespann bei gleicher Kraftentwicklung auf einem festen Wege mehr zu leisten imstande, als auf einem schlechten, und genügt diese Ersparnis an Pferdetagen, um den schlechten Weg in einen guten zu versetzen, so hat die Wegaufbesserung tatsächlich keine Kosten verursacht: sie bezahlte sie selbst. Abgesehen von den sonstigen Vorteilen, z. B. dem Aufhören der Amortisierung des Baukapitals, dem erhöhten Werte eines Pferdetages während der Ernte, bei schlechter Witterung usw.

Bei einem geringen Verkehr steht anderseits der Aufwand für eine Fahrbahn in keinem Verhältnisse zu deren Benutzung, wenn selbst der Reibungswiderstand wesentlich vermindert wird. In solchen Fällen kann es genügen, den Weg für eine Zeit, wo der Verkehr stärker ist (Rübenernte), durch Beschotterung und Walzen, eventuell letzteres allein, in einen brauchbaren Zustand zu versetzen.

Die Kosten eines Pferdetages samt allen oben erwähnten Nebenauslagen für Erhaltung, Wartung und Amortisation können mit 4 ℳ ohne Knecht angesetzt werden.

Industrie- und Feldeisenbahnen.

36. Im Kapitel über Straßen- und Wegebau wurde gezeigt, welche Ersparnisse an Zugkräften resp. Transportkosten gemacht

werden können, wenn der Reibungskoeffizient der Fahrbahn reduziert wird. Dies führte zur Konstruktion von normalspurigen Schleppbahnen, welche den Zweck haben, gewisse Stapelplätze des Rohmaterials, Kohlenwerke, Holzlager, Ziegelfabriken usw., mit den öffentlichen Eisenbahnen zu verbinden. Für den internen Verkehr errichtet man meist schmalspurige, feste Bahnen, wenn gewisse Massenbewegungen zwischen zwei unveränderlichen Punkten vorzunehmen sind, wie z. B. die Lehmmassen der Erdmaterial-Deponien auf die Ziegelschlagplätze, die Steine aus den Steinbrüchen auf die Werkplätze ꝛc. Endlich werden auch transportable Eisenbahnen mit verlegbaren Geleisen in Anwendung gebracht, wenn es sich darum handelt, im Betriebe einer Wirtschaft verschiedene Materialien von einem Ort auf einen anderen zu befördern. Die rasche Durchführung solcher Transporte ist mitunter von großer Bedeutung. Wichtig ist bei ungünstigem Wetter die rasche Einfuhr der Feldfrüchte, die Einfuhr großer Rübenernten bei aufgeweichtem Acker, schleppend und kostspielig die Förderung durch die Landfuhrwerke gegenüber den Leistungen einer Feldbahn; auch ist die Unabhängigkeit von Wetter und Menschenkraft ein wertvoller Faktor. Aus diesen Gründen haben verlegbare Eisenbahnen im großen Wirtschaftsbetriebe eine allgemeine Verbreitung und Anerkennung gefunden, da die Anlagekosten meist in kurzer Zeit amortisiert waren, sobald der Transport einen genügenden Umfang erreicht hat.

Von den verlegbaren Eisenbahnen bestehen gegenwärtig verschiedene Systeme; allen jedoch ist das System von Decauville, die Geleise aus Vignolschienen bestehend, zugrunde gelegt. Das Prinzip, nach welchem diese Bahnen angelegt werden, besteht in der Verwendung zusammenstellbarer, leichter, aus einem Schienenpaar bestehender Joche, aus welchen in kurzer Zeit nach einer beliebigen Richtung, meist ohne besondere Planierungsarbeit, Geleise errichtet werden können. Sollen diese Anlagen richtig funktionieren, müssen gewisse Regeln genau beobachtet werden. Eine teilweise Planierung vor dem Legen der Schwellen wird sich immer empfehlen. Die Schwellen müssen eine möglichst wagrechte Lage erhalten. Kleine Krümmungsradien soll man vermeiden, desgleichen schroffe Richtungsübergänge. Die Achsen der Lowren sollen genau rechtwinklig zur Längenrichtung sein. Die Verbindung der Schienen auf den Schwellen darf nicht schlottern, die Entfernung der Schienen muß durchaus die gleiche sein. Die Belastung darf die normale nicht überschreiten. Das Pferd soll an einer möglichst langen Kette ziehen. Zum Ebnen der Wege für Feldeisenbahnen empfiehlt sich die Anwendung des Elbinger Wegehobels.

Die Konstruktion eines Geleiserahmens für feste

Geleise zeigt*) Abb. 39 im Maßstabe 1 : 40. Die Schienenweite beträgt 0·5 m, doch können dieselben auch in geringeren und größeren Entfernungen, 0·4—0·7 m, angewendet werden. Die Schienenhöhe beträgt 55—65 mm bei 4·6—7·2 kg Gewicht pro lfd. Meter.

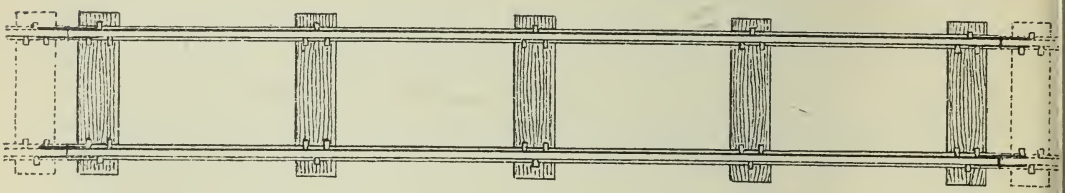

Abb. 39.

Die Befestigung der Schiene auf den hölzernen oder eisernen Schwellen findet durch drei Hakennägel statt, Abb. 40, eventuell auch mittelst zweier Schrauben nach Abb. 41. Doch besteht noch eine größere Zahl von anderen Befestigungsarten der Schiene.

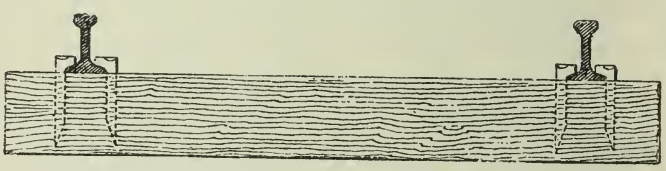

Abb. 40.

Für verlegbare Eisenbahnen werden Joche von 1·5—2 m Maximallänge empfohlen, da sie sich durch ihre geringe Länge und und durch die Anordnung, daß jeder Geleisrahmen auf der einen Seite nur eine Schwelle, auf der anderen nur eine Spurstange von

Abb. 41.

Eisen oder Holz erhält, viel inniger den Unebenheiten des Geländes ohne jede vorherige Planierung anschmiegt, was bei längeren Jochen mit mehr Schwellen schwieriger zu erzielen ist. Eine transportable

*) Nach Angabe des Fabrikanten O. Reitsch, Halle a. S.

Stahlbahn mit je 2 Eisenschwellen am Stoß in sehr unebenem Gelände gelegt, ist in Abb. 42 abgebildet.

Sehr zweckmäßig ist die von Reitsch patentierte Anordnung der Schienenverbindungen, wie sie aus den Abbildungen 43, 44,

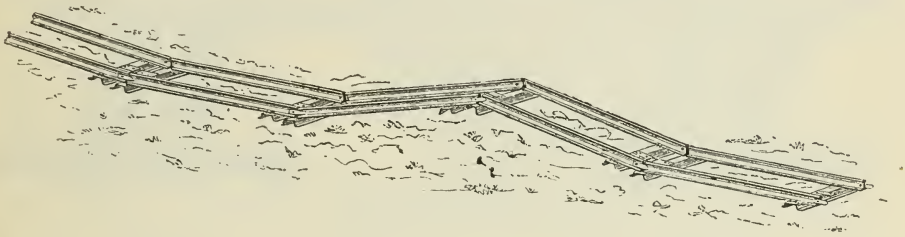

Abb. 42.

45 und 46 ersichtlich ist. Abb. 43 ist auseinandergenommen, Abb. 44 geschlossen, Abb. 45 in Vertiefung liegend, Abb. 46 über Hügel liegend.

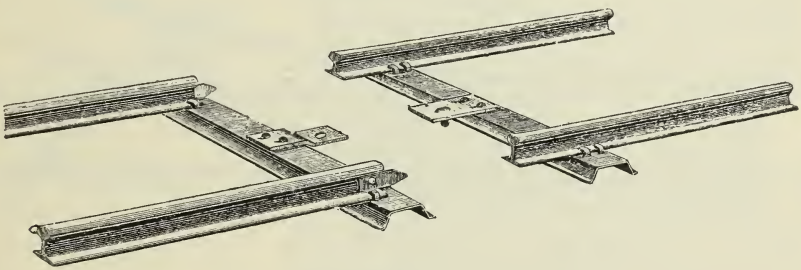

Abb. 43.

Eine ebenfalls empfehlenswerte Anordnung für Weichen zeigen Abb. 47 und 48. Abb. 47 Patentkletterweiche links, „Stellung

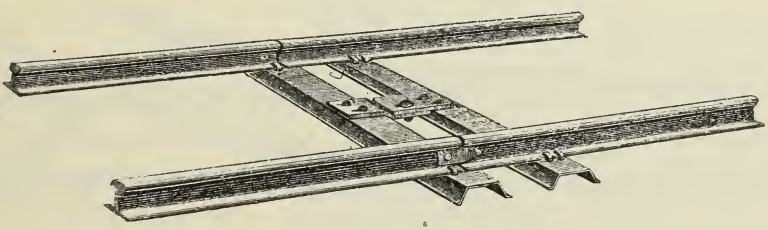

Abb. 44.

für das Seitengeleise", Abb. 48 Patentkletterweiche links, „Stellung für den Hauptstrang", der Patentkletterweiche von Dolberg*);

*) R. Dolberg, Fabrik von Feldeisenbahnen, Rostock, Berlin, Hamburg.

sie wird angewendet, sobald es sich um ein vorübergehendes Abweichen aus einem Hauptstrang in ein Seitengeleise handelt oder wenn der Ausweichpunkt häufig wechselt.

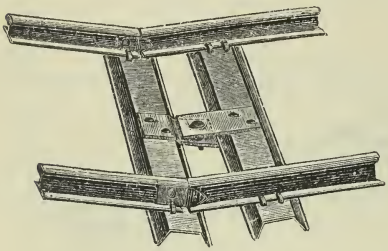

Abb. 45.

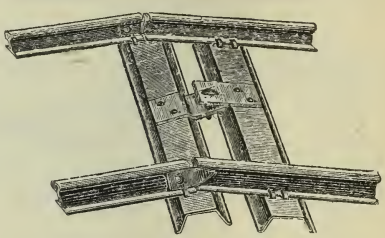

Abb. 46.

Die Konstruktion der zum Schienentransport bestimmten Wagen ist eine äußerst mannigfaltige. Abb. 49 zeigt einen Universalwagen mit Plattform, Abb. 50 einen Holzkasten-

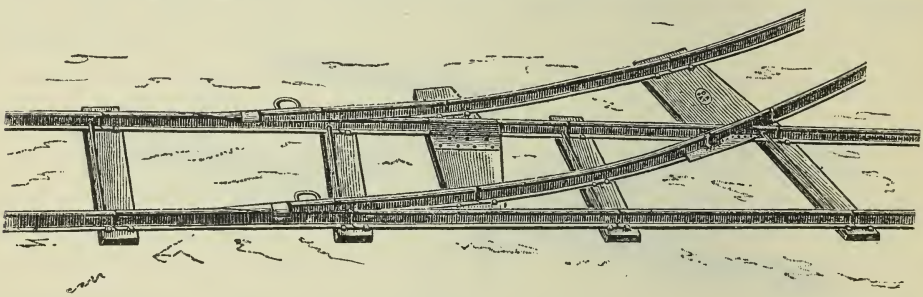

Abb. 47.

wagen, beide Konstruktionen Reitsch; Abb. 51 eine Stahlmuldenlowrie, Abb. 52 Patentkippwagen von R. Dolberg,

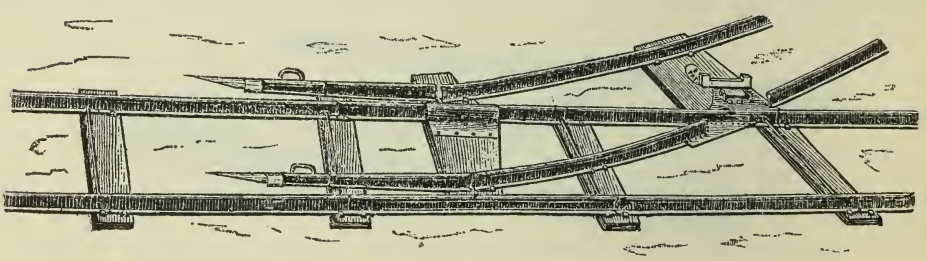

Abb. 48.

letztere besonders geeignet zum Transport von Kartoffeln, Rüben, Dünger, bei Wiesenmeliorationen 2c. Der Inhalt derselben beträgt $^1/_2$—$^3/_4$ m^3.

Bei der Konstruktion der Wagen für Feldbahnen ist auf die

Auswahl guten Materials, eine vorzügliche Lagerung der Achsen, zweckmäßige Schmiervorrichtungen, Leichtigkeit bei großer Tragfähigkeit, sowie eine solche Konstruktion des Unterwagens, bei welcher durch einfaches Umwechseln der Aufsätze verschiedene Objekte transportiert werden können, zu achten. Betreffs der Zugleistung sei erwähnt*), daß ein Pferd, zur Seite eines Geleises schreitend, an einer 4—5 m langen Kette angespannt auf einer wagrechten Bahn 12 Kippkastenwagen von je 500 kg Ladung zu ziehen imstande ist. Daher ist der Reibungskoeffizient $f = \frac{1}{180}$ bis $\frac{1}{100}$.

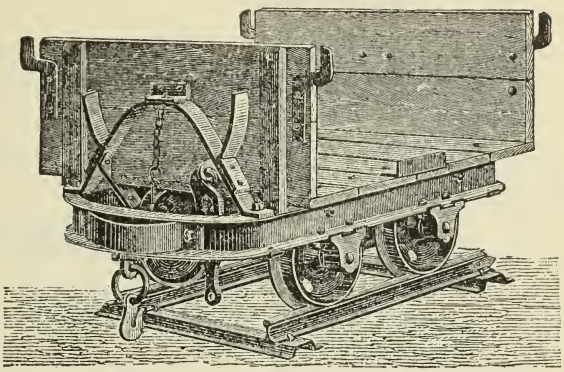

Abb. 49.

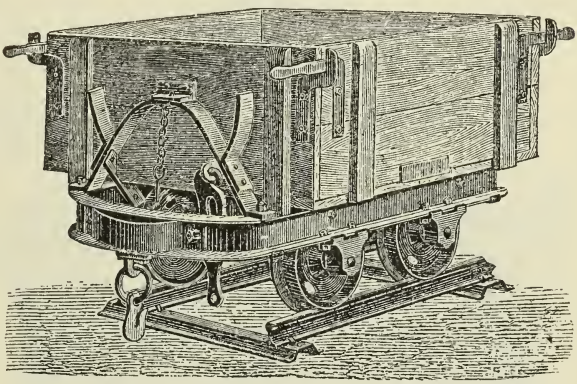

Abb. 50.

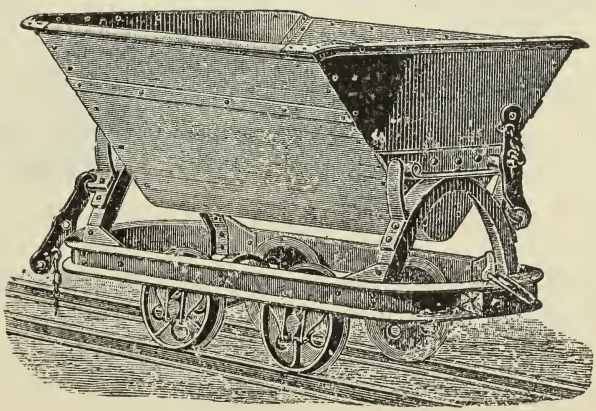

Abb. 51.

37. Über die Rentabilität der Wirtschaftsbahnen gibt Oberforstmeister Runnebaum-Eberswalde nachstehende Übersicht der Kosten der Bahnen gegenüber deren Nutzwert:

*) Nach Decauville.

1 Meile	Lehmkiesbahn,	4 m	breit, kostet .	53 000	ℳ
1 „	Steinbahn,	4 „	„ „ .	105 000	„
1 „	Holzbahn,	3 „	„ „ .	42 000	„
1 „	transportabler Eisenbahn inkl. Wagen kostet			50 000	„

Zwei Pferde vermögen auf diesen zum Vergleich erwähnten Strecken Kiefernholz zu transportieren:

auf Erdwegen	4·0	Festmeter
„ Lehmwegen im trockenen Zustande .	5·2	„
„ Steinbahnen	8·0	„
„ Holzbahnen	6·0	„
„ Schienenbahnen	35·0	„

Rechnet man für ein Paar Pferde 9 ℳ, so kostet ein Festmeter:

auf Erdwegen	2·25	ℳ
„ Lehmkieswegen	1·80	„
„ Steinbahnen	1·10	„
„ Holzbahnen	1·50	„
„ Schienenbahnen	0·30	„

Ein laufender Meter Schienenstrang kostet im Durchschnitt 6 ℳ.

Herr Amtmann Schirmer, Neuhaus bei Delitzsch, macht über die Rentabilität der Feldbahnen u. a. folgende Mitteilungen:

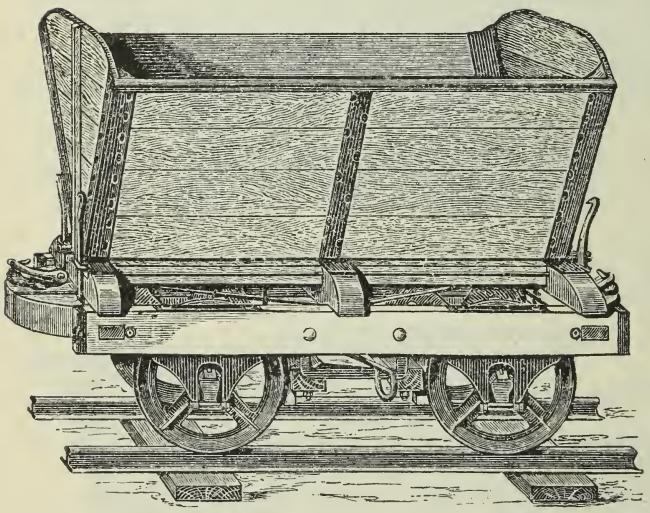

Abb. 52.

„Auf einem Gute in Mecklenburg sind auf einer Feldbahn mit sechs Pferden in 40 Tagen 60 000 Zentner Rüben befördert. Ohne Bahn wären 12 Viergespanne nötig gewesen und sonach 440 Viergespanntage à 10 ℳ = 4400 ℳ erspart. Diese Bahn wurde noch zum Düngerfahren benutzt und machte sich in 2—3 Jahren bezahlt."

Zweiter Abschnitt.

Brückenbau.

Allgemeines.

38. Die Bauart einer Brücke hängt von der Beschaffenheit des Gewässers und seiner Ufer, der Art und Stärke der zu gewärtigenden Höchstbelastung, der zulässigen Herstellungskosten, des etwa zur Verfügung stehenden Materials, dem dauernden oder vorläufigen Charakter der Brücke usw. ab. Kleine Brücken unter Dämmen führen den Namen Durchlässe; mittelst der Viadukte übersetzt man Straßen und Eisenbahnen, Aquadukte dienen zur Überführung von Wasser über andere Gewässer oder Kommunikationen.

Übersetzt eine Brücke ein Gewässer, so nennt man den unter ihr befindlichen Hohlraum, den durch die Brückenrichtung, die Uferböschungen und die Sohle begrenzten Vertikalschnitt, das Durchlaßprofil. Dieses muß eine solche Größe besitzen, daß die Hochwässer ungehindert durchfließen können, ohne die Brücke oder deren Auflager zu beschädigen. Der Feststellung der Höhenlage einer Brückenbahn wird daher die Ermittelung dieser höchsten Wassermengen vorangehen müssen. Die durch ein Profil abfließende Wassermenge ist ein Produkt aus dem Wasserquerschnitt und der Geschwindigkeit; eine größere Geschwindigkeit beansprucht für gleiche Wassermengen kleinere Durchlaßprofile und umgekehrt.

Die Ermittelung der größten Wassermenge in einem Fluß- oder Bachprofil und die daraus sich ergebende Wahl einer Brückenkonstruktion und Höhenlage der Fahrbahn unterliegt keiner Schwierigkeit, wenn an demselben Gewässer in einem ähnlichen Profil sich bereits eine Brücke befindet, unter der die gleiche Wassermenge fließt. Die Erhebungen in bezug auf den Wasserstand bei diesem Objekte können bei der neu zu errichtenden Brücke verwertet werden. Ist z. B. beim bestehenden Objekte das Durchlaßprofil F und v die

Geschwindigkeit, und bezeichnet man diese beim neuen Objekte mit F_1 und v_1, so ist $F \cdot v = F_1 v_1$
und

$$F_1 = \frac{F v}{v_1}.$$

Schwieriger ist die Feststellung der Durchlaßweite bei Gewässern, wo solche Anhaltspunkte nicht vorhanden sind. Es ist dies z. B. häufig der Fall bei Straßen und Wegen, wenn die Weite eines Durchlasses für solche Gerinne festgestellt werden soll, die in trockener Jahreszeit selbst kein Wasser führen, bei stärkeren Niederschlägen jedoch zu Wildbächen werden. Hier müßte man die Größe des Niederschlagsgebietes, von dem das Regenwasser durch den zu errichtenden Durchlaß abfließt, nebst den allgemeinen Gefällsverhältnissen berücksichtigen. Da die Geschwindigkeit des Wasserabflusses jedoch von der Art der Bodenkultur, der physikalischen Bodenbeschaffenheit, der Bodengestaltung usw. abhängt, so ergeben die Schlüsse weite Grenzen, und nur Lokalkenntnis und praktischer Blick bieten verläßlichere Anhaltspunkte.

Bei Bächen und sonstigen Wasserläufen kann bei bekanntem höchsten Wasserstande die Formel von Eytelwein

$$v = 50{\cdot}93 \sqrt{\frac{J}{L\,p}}$$

Verwendung finden, wobei J der Inhalt des Querschnittes in Quadratmetern, p der benetzte Umfang in Metern, L die horizontale Entfernung auf 1 m Gefälle, v die Geschwindigkeit per Sekunde bedeutet. Dann ist die Wassermenge

$$M = J \cdot v = 50{\cdot}93\ J \sqrt{\frac{J}{L\,p}}$$

in Kubikmetern.

Ferner kann die Geschwindigkeit des fließenden Wassers durch schwimmende Gegenstände gemessen werden, wobei die mittlere Geschwindigkeit eines Profils mit 0·8 der an der Oberfläche gemessenen angenommen werden kann. Durch eine Regelung des Gefälles im Bereiche der zu errichtenden Brücke läßt sich jene Durchflußgeschwindigkeit ermitteln, bei der die Brückenwiderlager durch den Wasseranprall oder deren Unterspülung nicht beschädigt werden, und auch kein Absetzen von Erdteilen unter der Brücke und die damit verbundene Verengerung des Durchlaßprofils stattfindet.

Nach Telford und Nimmo darf das Wasser im Höchstfalle nachstehende Geschwindigkeit haben, ohne das Erdreich anzugreifen:

0·076 m	für aufgelöste Erde.	0·91 m	für Kieselsteine
0·152 „	„ fetten Tonboden	1·22 „	„ eckige Steine
0·305 „	„ Sandboden . .	1·52 „	„ Schiefer und Konglomerate
0·609 „	„ Kiesboden . .	1·84 „	„ geschichteten Felsen.

Mit Rücksicht auf die Verschlammung und die sich daraus ergebende Erhöhung des Flußbettes, Verminderung des Durchlaßprofils und der Geschwindigkeit ist auch noch zu berücksichtigen, daß nach Umpfenbachs Untersuchungen der vom Wasser mitgeführte Schlamm suspendiert bleibt bei einer Geschwindigkeit von unter 0·21 m, Sand unter 0·44 m, Gerölle unter 1·2 m.

Die Richtung der Brücke fällt bei einer neuen Straßenanlage am besten mit deren Richtung zusammen. Im allgemeinen ist die kürzeste Verbindung der beiden Ufer die billigste und zweckmäßigste. Die Breite der Brücke ist meist geringer als jene der Straße. Wo kein Ausweichen auf der Brücke erforderlich ist, genügt eine Fahrbahnbreite von 3·4 m, bei doppelter Bahn gibt man 6·0 m.

Je nach dem verwendeten Materiale unterscheidet man Brücken von Holz, Stein und Eisen. Nach der Bauart der Holzbrücken teilt man diese ein in: Einfache Balkenbrücken, Jochbrücken, Häng- und Sprengwerkbrücken, Bockbrücken usw.

Im nachstehenden sollen solche Brückenkonstruktionen, die bei kleineren Gewässern Verwendung finden und daher für den Landwirt von Interesse sind, angeführt werden.

1. Einfache Balkenbrücken.

Die einfachste Form derselben, wie sie etwa bei der Übersetzung eines Grabens bei Feldwegen angewendet werden kann, zeigt Abb. 53. Die beiderseitigen Widerlager bestehen aus Holzwänden, welche durch je 3—4 im Boden festgerammte Pfähle in ihrer Lage festgehalten werden. Ein Kappbaum B dient den Brückenträgern C als Auflager. Je nach der Stärke des letzteren und der gewünschten Tragfähigkeit (Seite 60) wird deren Entfernung angenommen. Meist beträgt dieselbe 1 m. Die Fahrbahn bildet ein Belag aus Pfosten oder Rundhölzern, welche durch die Saumschweller D an die äußeren Brückenträger befestigt sind.

39. Die Brückenkonstruktion Abb. 54 und 55 besteht aus einzelnen, an den beiderseitigen Ufern fest aufliegenden Trägern a, welche den aus Pfosten oder Prügeln gebildeten Belag b (im zweiten Falle Brückenstreu) tragen. Die Entfernung der Brücken-

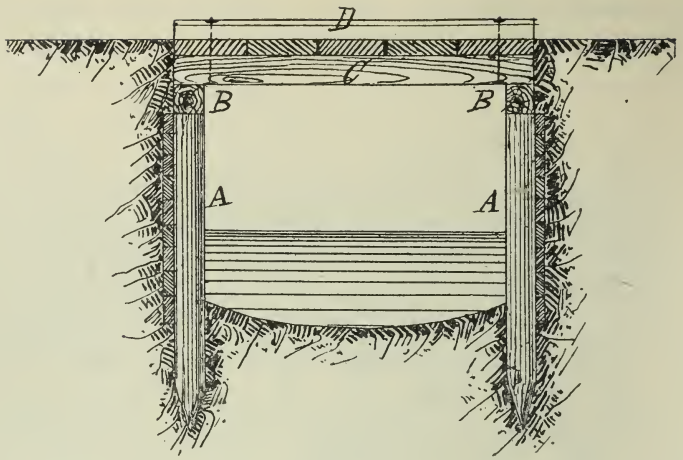

Abb. 53.

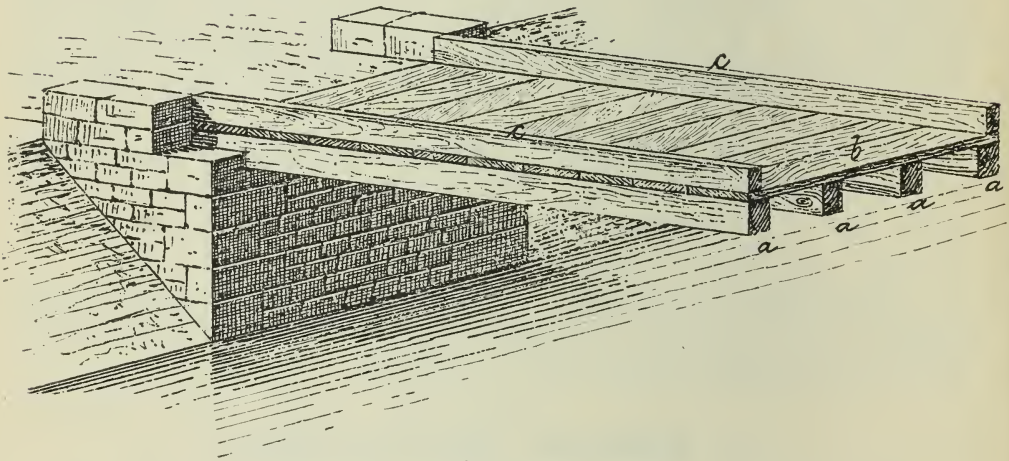

Abb. 54.

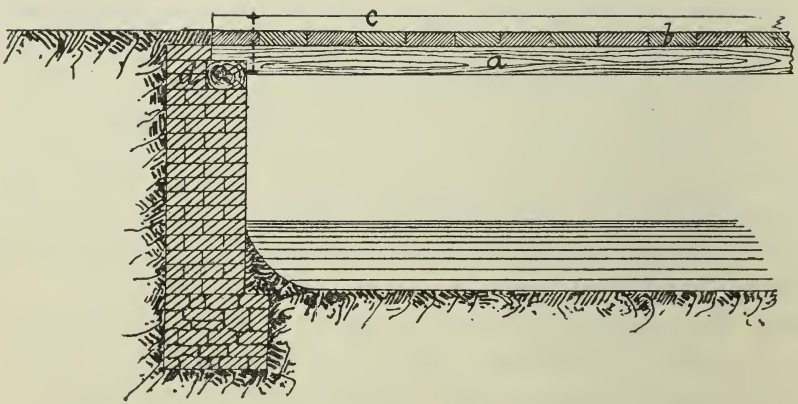

Abb. 55.

träger nimmt man, von Mitte zu Mitte gemessen, meist mit 0·8 bis 1·0 m an. Die Pfosten erhalten eine Stärke von 6—8 cm, die Brückenstreu aus Rundholz ist durchschnittlich 10—12 cm stark. Die Befestigung des Belags auf den Trägern a findet durch die mit den letzteren verschraubten Saumschwellen c statt. Es sind dies Hölzer von 12—15 cm Stärke.

Damit die Last der Brückenkonstruktion und jene der Belastung gleichmäßig auf die Landfesten übertragen werden, ruhen alle Brückenträger auf einem Polsterholz d von etwa 12 cm Höhe und 18 cm Breite.

Die tragenden Bestandteile dieser Brücke, die Träger a, müssen solche Abmessungen erhalten, daß sie die Höchstbelastung zu tragen imstande sind. Man nimmt als solche bei Fußgängerbrücken jene durch ein Menschengedränge mit 240 kg per m^2 an; für Fahrbrücken jedoch, auf denen schwere Frachtwagen oder gar Straßenlokomotiven (bis zu 15 000 kg Gewicht) verkehren, muß diese Belastung zugrunde gelegt werden. Außer dieser zufälligen Belastung ist noch das Gewicht der Konstruktion, sowie das Gewicht der Fahrbahn (Belag, Beschotterung) in Rechnung zu ziehen. Das Gewicht eines Quadratmeters doppelten Bohlenbelags kann mit 120 kg, jenes einer Schotterdecke mit einfachem Bohlenbelag mit 290 kg angenommen werden.

Berechnung des Trägers einer einfachen Balkenbrücke.

40. Bezeichnet man die auf den Träger wirkende Last mit P, mit b, h und L dessen Breite, Höhe und Länge zwischen den Unterstützungspunkten, alles in Zentimetern, so ist bei gleichförmig verteilter Last

$$P = \frac{8\,F}{L},$$

wenn die Last in der Mitte einwirkt

$$P = \frac{4\,F}{L},$$

und wenn sie in den Abständen m und n von den beiderseitigen Auflagern entfernt ist, wobei $m + n = L$

$$P = \frac{L^2}{m \cdot n}\frac{F}{L} = \frac{L \cdot F}{m \cdot n}.$$

Dabei ist

$$F = \frac{k}{6}\,b \cdot h^2$$

und k der Bruchmodul der Biegungsfestigkeit.

Für Holz . . . beträgt $k = 450 — 500$ kg
„ Gußeisen . . „ $k = 1900 — 2900$ „
„ Schmiedeeisen „ $k = 2800 — 4000$ „

Z. B.: Welche Querschnittsdimensionen müssen die Brückenträger nach Abb. 54 erhalten, wenn deren gegenseitige Entfernung 1·0 m, die lichte Weite der Brücke 6·0 m betragen würde?

Das günstigste Verhältnis von b:h ist wie 5:7, daher $b = \frac{5}{7} h$.

Die Gesamtbelastung der Brücke (als Fußgängerbrücke) ist 6·0 m · 3·0 m · 240 kg = 4320 kg. Das spezifische Gewicht des Holzes mit 0·6 angenommen und die Dimensionen der Brückenhölzer vorläufig abgeschätzt, ergibt ein Gewicht der Konstruktion mit 2220 kg, also zusammen 6540 kg. Daher entfällt auf einen Balken $\frac{6540}{4} = 1635$ kg. Nimmt man eine fünffache Sicherheit an, so würde, wenn der Bruchmodul für Holz mit 600 kg angenommen wird, $\frac{k}{5} = \frac{600}{5} = 120$ kg einzusetzen sein.

Aus $P = \frac{8 F}{L} = \frac{8 k}{6 \cdot 600} \cdot b h^2$ und $b = \frac{5}{7} h$ erhält man

$$1635 = \frac{8 \cdot 120 \cdot \frac{5}{7} \cdot h^3}{6 \cdot 600}$$

und h = 21 cm, b = 15 cm.

Für zehnfache Sicherheit $\frac{k}{10} = 60$, berechnet sich h = 25 cm, b = 18 cm.

Auf diese Weise können auch die Abmessungen des Brückenbelags berechnet werden.

Für Fahrbrücken empfiehlt sich behufs Schonung der Brückenstreu die Anwendung einer Schotterdecke, die so angeordnet werden muß, daß das Regenwasser beiderseits leicht abrinnen kann. Nimmt man die durchschnittliche Dicke des Schotters mit 0·2 m, das spezifische Gewicht mit 2·5 an, so beträgt das Gewicht des Schotters $3 \cdot 6 \cdot 0{\cdot}2 \cdot 2{\cdot}5 \cdot 1000 = 9000$ kg, daher das Gesamtgewicht nach dem vorhergehenden Beispiele 15 530 kg. Es entfällt auf einen Träger $\frac{15\,530}{4} = 3880$ kg und ist bei fünffacher Sicherheit

$$3880 = \frac{8 \cdot 120 \cdot \frac{5}{7} \cdot h^3}{6 \cdot 600}$$

und h = 28 cm, b = 20 cm.

Bei zehnfacher Sicherheit h = 34 cm, b = 24 cm.

2. Hängwerkbrücken.

41. Erfordern wenig Raum zwischen dem Hochwasser und der Brückenbahn, da sie unter der Brücke keinerlei Unterstützungen erhalten. Auch üben sie auf die Widerlager keinen Seitenschub aus, wie die Streben der Sprengwerkbrücken.

In Abb. 56 ist eine Hängwerkbrücke von Holz dargestellt. Das Widerlager besteht aus einem gerammten Bohlwerk mit senkrechten Flügeln. Die äußeren Träger erhielten eine Unter-

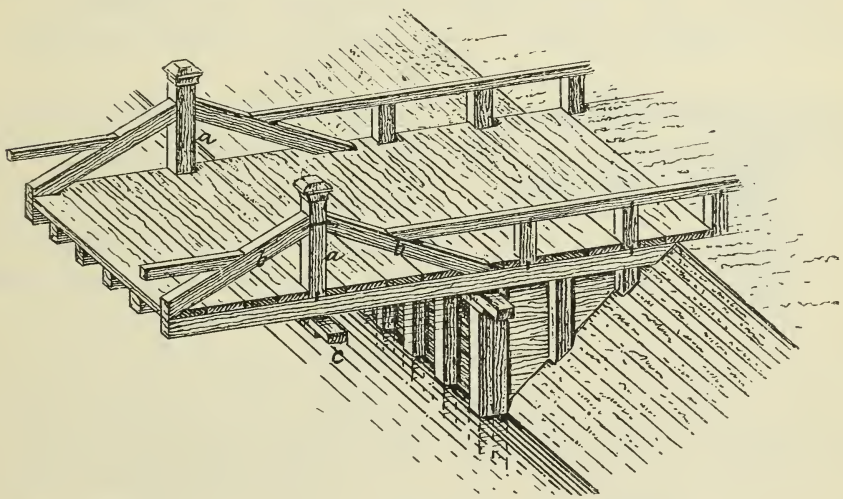

Abb. 56.

stützung durch ein sogenanntes einfaches Hängwerk, bestehend aus der Hängsäule a und den Streben b. Letztere dürfen nicht zu flach liegen, da ihre Tragfähigkeit mit abnehmendem Winkel sich vermindert. Der kleinste zulässige Winkel ist 22°. Die Unterstützung, die den äußeren Trägern durch die Streben gegeben wird, teilt man auch den inneren Brückenträgern mit durch die Anwendung der Unterzüge (c). Diese müssen mit den Hängsäulen auf eine vollkommen verläßliche Weise verbunden sein. Man verwendet z. B. Eisenschienen, welche mit der Hängsäule verschraubt (Abb. 57), den Unterzug umfassen. In Abb. 58 ist eine Brücke mit doppeltem

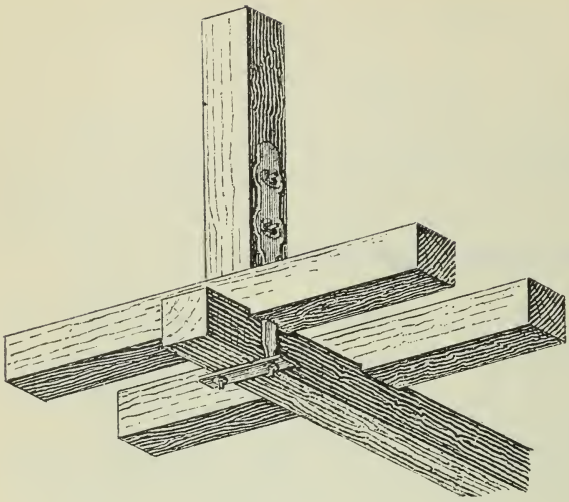

Abb. 57.

Hängwerk dargestellt. Dieses besitzt zwei Hängsäulen und einen Spannriegel. Abb. 59 zeigt die Anordnung zweier Unterzüge bei einem doppelten Hängwerk. Auch dieses hat zwei Hängsäulen und einen Spannriegel. Ist die Brückenlänge größer als die zur Verfügung stehenden Träger, so müssen zwei Träger angewendet werden, die sich entweder nach der Abb. 60 über den Unterzug kreuzen, oder man ordnet sogenannte Sattelhölzer an, Abb. 61. Dabei bedeutet a den Unterzug, b das Sattelholz, c den Träger.

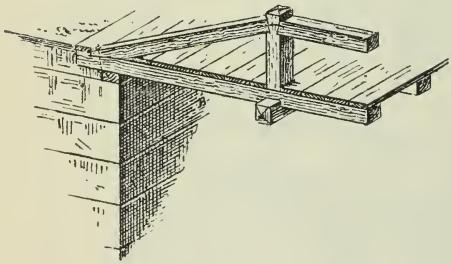

Abb. 58.

Die Streben werden mit dem Brückenträger durch einen schiefen Zapfen verbunden. Überdies pflegt man beide Balken, entweder durch eine Klammer oder durch eine diese Hölzer an der Verbindungsstelle umfassende Eisenschiene zu vereinigen.

Die Streben des Hängwerks sind in die Hängsäule ebenfalls verzapft, und es werden überdies Eisenspangen angewendet. Der Kopf der Hängsäule muß mindestens deren Stärkedimension zur Höhe erhalten. Sehr wichtig ist die zweckmäßige Anarbeitung der Hölzer an den Verbindungsstellen. Ist die Holzverbindung eine solche, daß die auf Zug in Anspruch genommenen Bauartteile ein Absprengen nach der Holzfaser befürchten lassen, so muß für diese Teile — da die Parallelkohäsion

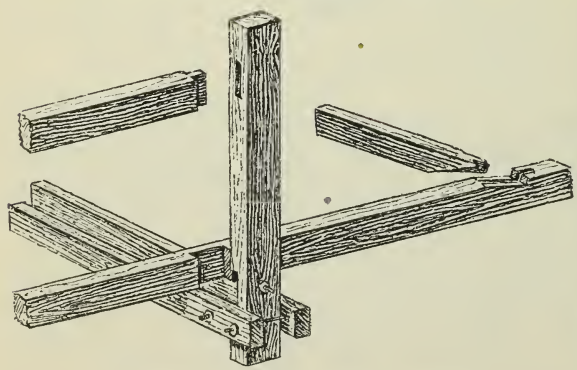

Abb. 59.

des Holzes $\frac{1}{20}$ der absoluten Festigkeit beträgt und für diese wieder mindestens die zehnfache Sicherheit zu nehmen ist — die Sicherheit von $\frac{1}{20} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{200}$ angenommen werden. Dies ist insbesondere der Fall beim Kopfe der Hängsäule einer Hängwerkbrücke.

Bei kleineren Hängwerkbrücken gibt man dem Hängwerk eine Höhe von 1·2—1·35 m, damit dieses zugleich als Geländer dienen kann. Bildet die Strebe einen Winkel von 22° mit dem Horizont, so erhält der Brückenträger eine freie Länge von 6 m. Bei zwei

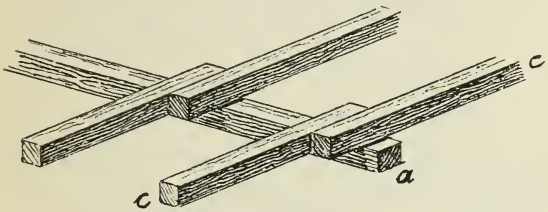

Abb. 60.

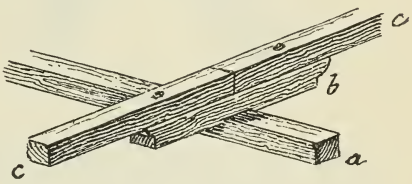

Abb. 61.

Hängsäulen, wenn die Länge des Spannriegels 3·6 m beträgt, könnte die ganze Spannweite höchstens 9·6 m betragen. Je größer die Spannweite, desto größer ist die Länge der Hängsäule. Bei höheren Hängsäulen müssen diese eine Verstrebung von dem zu verlängernden Unterzug aus erhalten. Bei größeren Spannweiten müssen die Brückenträger auch durch die sogenannten Wind- oder Andreaskreuze versteift werden. Es sind das Balken, die unter den Brückenträgern kreuzweise angeordnet sind und diese untereinander vereinigen. Sie haben den Zweck, bei starken Stürmen Seitenschwingungen der Brücke zu verhindern.

Hängwerkbrücken finden eine verhältnismäßig geringere Anwendung. Nebst der besonderen Sorgfalt, mit der die Verbindungsstellen konstruiert sein müssen, der verhältnismäßig geringen Tragkraft der Streben bei flacher Lage derselben, haben sie den Nachteil, daß die tragenden Bestandteile offen liegen und daher der zufälligen Beschädigung, besonders auch den Witterungseinflüssen preisgegeben sind.

Bei Anordnung eines doppelten Hängwerks soll der Spannriegel $\frac{2}{5}$ der freien Brückenlänge betragen. In diesem Falle ist bei gleichmäßiger Belastung in allen Teilen des Brückenträgers die gleiche Tragfähigkeit vorhanden.

3. Sprengwerkbrücken.

42. Für größere Spannweiten wird eine Unterstützung der Brückenträger notwendig. Pfeiler, die unmittelbar im Bette des Gewässers errichtet werden, sind dem Anprall der Fluten und des Eises ausgesetzt. An Stelle solcher Joche werden die Brückenträger vom Widerlager aus durch schräg (nicht unter 25°) gestellte Streben unterstützt. Diese Bauart, aus den Abb. 62—66 ersichtlich, ist dann anwendbar, wenn die Höhe der Brückenbahn über dem höchsten Wasserspiegel das Anbringen des Sprengwerks ermöglicht. Die Sprengwerkbrücken haben den Vorteil, daß sie größere Spannweiten erhalten können, die Querverbindungen leicht anzuordnen sind; auch lassen sich Ausbesserungen ohne besondere Stützung der Bahn durchführen. Die wichtigsten Konstruktionsteile sind gegen die Witterungseinflüsse geschützt. Ein Nachteil besteht im Seitenschub der Streben auf das Mauerwerk, welches infolgedessen entsprechend stärker gehalten sein muß. Die Anordnung der Konstruktion eines Sprengwerks, und zwar eines sogenannten einfachen, zeigt Abb. 62. Vollständiger er-

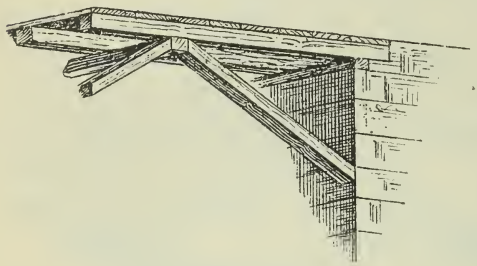

Abb. 62.

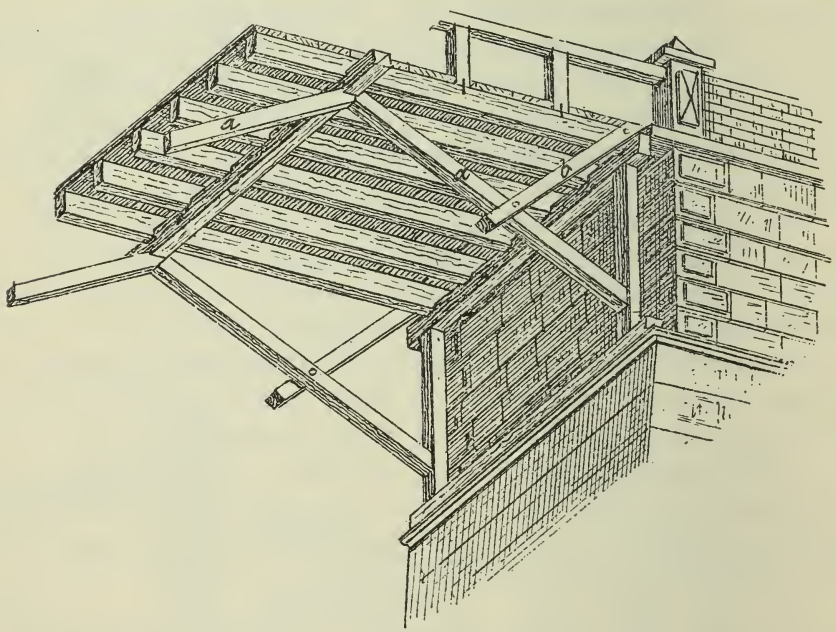

Abb. 63.

sieht man ihre Einrichtung aus der Abb. 63 einer Sprengwerkbrücke (Unteransicht). Dabei bedeuten a die Streben, b die Zangenhölzer zur Verbindung der Streben mit den Brückenträgern, welch letztere auf von zwei lotrechten Säulen getragenen Schwellen und überdies der von der Mauer getragenen Mauerbank aufruhen, c Unterzug zur Unterstützung jener Brückenträger, welche keine Sprengwerke erhalten. Die anzuwendenden Holzverbindungen, die Konstruktion der Fahrbahn usw. sind aus der Abbildung ersichtlich.

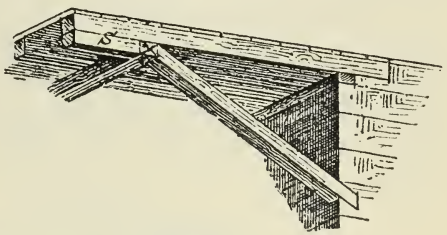

Abb. 64.

Mitunter sind die Streben direkt im Widerlager eingemauert, oder man steckt deren untere Enden in eiserne Schuhe, die durch Schrauben an einem schräg hervortretenden Quader der Widerlagsmauer befestigt sind.

Eine Brücke nach Abb. 64 zeigt die Anordnung eines doppelten Sprengwerks für größere Brückenlängen. Beide Streben verbindet der Spannriegel s. Zwischen dem Spannriegel und dem Brückenträger sind zwei Unterzüge anzubringen, falls diese nicht, wie aus obiger Abbildung ersichtlich, zwischen der Strebe und dem Spannriegel angebracht sind.

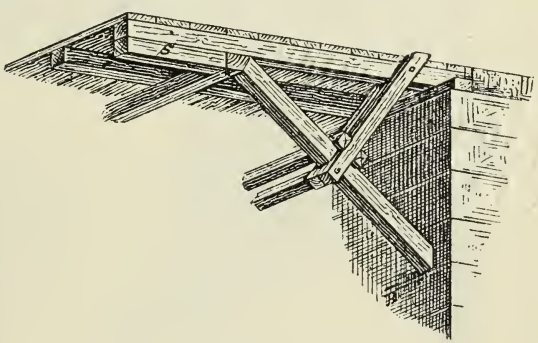

Abb. 65.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Brücke, sowie zum Schutze derselben gegen seitlich wirkende Kräfte, z. B. starke Winde, werden, ähnlich wie bei den Hängwerkbrücken, unter den Brückenträgern Diagonalstreben, die Andreaskreuze, angeordnet, sowie auch zu lange Streben durch Zangenhölzer gegen Ausbiegung gesichert werden (Abb. 65).

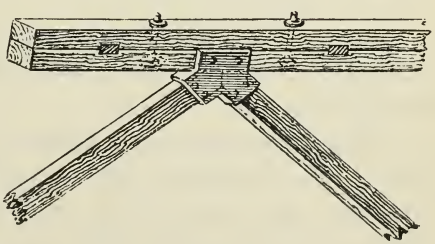
Abb. 66.

Der Fuß der Strebe wird entweder fest eingemauert und stützt sich gegen eine rechtwinklig zur Strebe abgearbeitete, am besten aus einem Quader gebildete Fläche. Einen Vorzug verdient die Anwendung von gußeisernen Schuhen, welche die Strebe am unteren Ende einfassen und

mittelst einer Platte am Widerlager angeschraubt sind. Auch die Kopfenden der beiden Streben erhalten einen gemeinschaftlichen Schuh, der überdies den Unterzug umfaßt (Abb. 66). In Ermangelung von Eisenschuhen verwendet man Eisenbänder, die eine Verrückung der sich gegenseitig stützenden Konstruktionsteile verhindern.

Bei Sprengwerkbrücken besteht der Träger meist aus zwei oder mehreren Teilen, welche auf den Unterzügen zusammentreffen. Die Anordnung ist gleich der bei den Hängwerkbrücken erwähnten. Es wird jedoch auch die Unterstützung durch Sprengwerke für Brückenträger angeordnet, die bei genügender Länge eine zu geringe Stärke besitzen.

4. Häng- und Sprengwerkbrücken.

43. Sie werden angewendet, wenn für ein reines Sprengwerk unterhalb der Brücke nicht genügend Raum vorhanden ist und auch eine andere Unterstützung z. B. durch lotrechte Stützen nicht angeordnet werden kann.

Diese Kombination ermöglicht die Überbrückung einer freien Weite von bis 60 m.

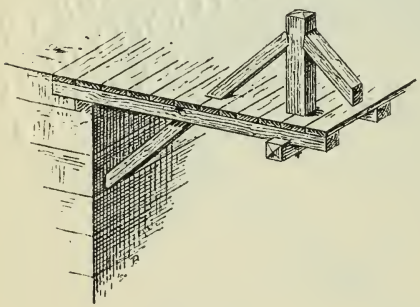

Abb. 67.

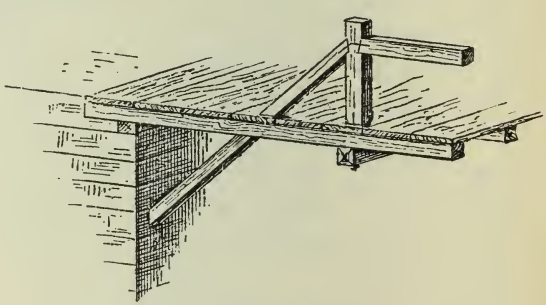

Abb. 68.

Im allgemeinen ist eine solche Konstruktion zu umständlich, kostspielig und wenig dauerhaft, wird daher auch selten angewendet.

Die Berechnung der einzelnen Konstruktionsteile findet in gleicher Weise wie bei Hängwerk- und Sprengwerkbrücken statt.

Die Kreuzungen der Streben mit den Tramen führt man als Überblattungen durch, oder es wird die Strebe von zwei Trägern zangenartig umfaßt. Die Verbindung eines Sprengwerks mit einem Hängwerk ist aus Abb. 67 und 68 ersichtlich.

5. Jochbrücken.

44. Die Unterzüge werden von den Jochen getragen, d. i. lotrechten, in der Sohle des Wasserlaufes gut eingerammten Pfählen, die sich weder senken noch dem seitlichen oder lotrechten Drucke ausweichen können (Abb. 69). Diese Anordnung hat den Nachteil, daß der oberere Teil der Pfähle unter dem Einflusse der Luft und der Feuchtigkeit zugrunde geht, wodurch ein Herausziehen der Pfähle und neuerliches Einrammen von Jochen erforderlich wird. Zweckmäßig ist die in Abb. 70 dargestellte Konstruktion mit aufgesetzten Jochen. Nach dieser besteht das Joch aus einem oder zwei auf

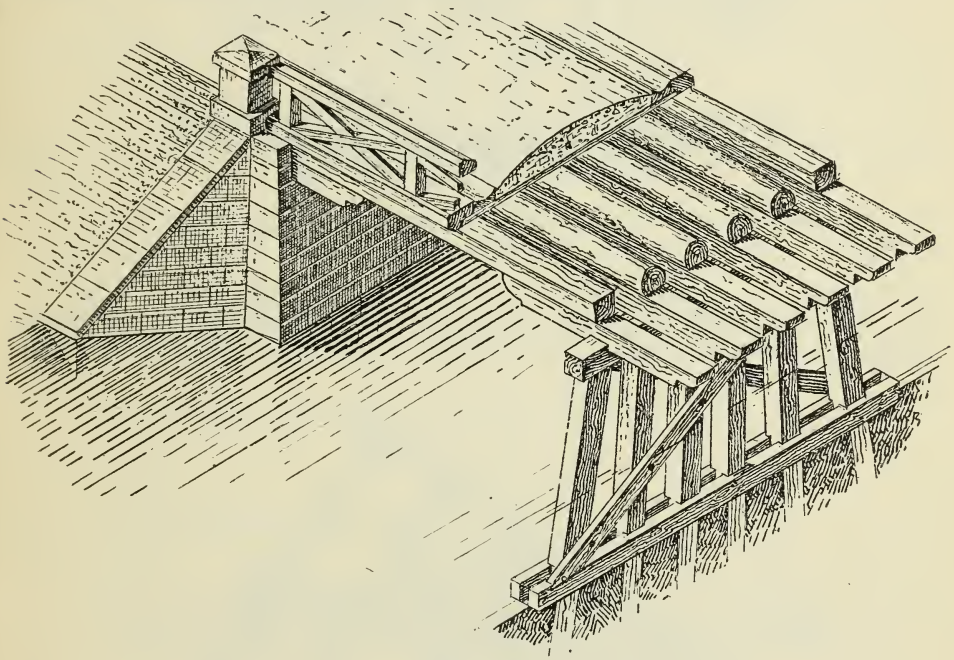

Abb. 69.

Piloten fundierten Grundschwellern b. In diese sind die Joche c verzapft. Sie bilden zusammen das Grundjoch.

Nachdem der Schweller samt seiner Fundierung beständig unter Wasser sich befindet, so ist er bei entsprechender Holzgattung (am besten Eichenholz) unverwüstlich. Die Auswechslung der schadhaften Joche kann sodann ohne besondere Schwierigkeit vorgenommen werden.

Auf den Jochständern c ist der Jochholm d mittelst Zapfen und Eisenbändern befestigt. Zur Versteifung der Jochständer sind Diagonalstreben e angebracht. Auf dem Jochholm sind kurze Sattelhölzer g eingelassen, in deren Mitte stoßen die Brückenträger h zusammen. Die mittleren Träger können auch, wie

aus der Abbildung ersichtlich, bis auf das Auflager als Rundhölzer verwendet werden. Diese tragen die Bedielung oder eine Brückenstreu, die durch Saumhölzer s befestigt ist. Die Bahn ist im vorstehenden Falle beschottert.

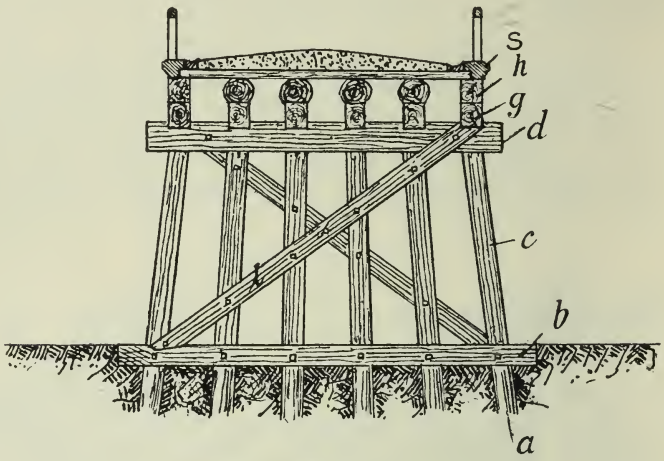

Abb. 70.

Da eine Beschädigung der Joche den Brückenbestand gefährdet, müssen sie insbesondere zum Schutze gegen den Anprall der Eis-

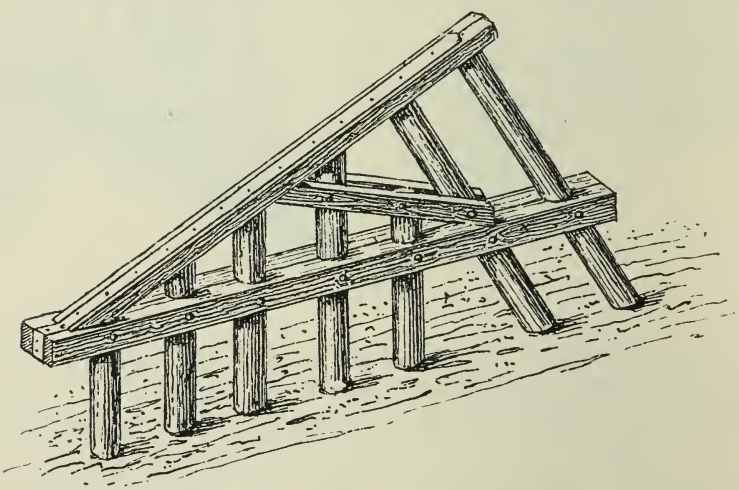

Abb. 71.

schollen mit den sogenannten Eisbrechern versehen werden. Zu diesem Zwecke neigt man die Jochständer, die gegen die Strömung gerichtet sind, so daß das Eis an ihnen ansteigt und abgleitet. Man schützt die Angriffskante überdies mit einer Eisenschiene. Damit die

Erschütterungen, denen die Jochständer durch die Eisschollen ausgesetzt sind, nicht auf die Brücke übertragen werden, empfiehlt es sich, die Eisbrecher oberhalb der Joche, genau in deren Verlängerung ca. 2—3 m von den letzteren entfernt anzubringen.

Die Konstruktion eines solchen Eisbrechers für eine größere Jochbrücke findet meist nach Abb. 71 statt. Bei geringerem Eis-

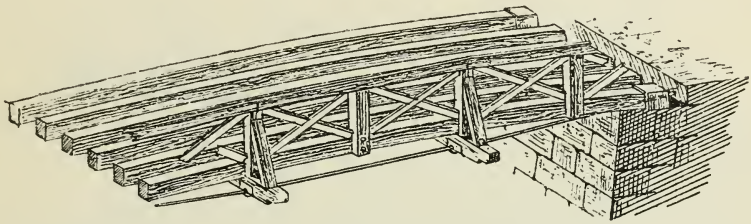

Abb. 72.

gange genügt es, die oberen Jochständer einfach mit Eisen zu beschlagen.

Die gewöhnlichen Jochbrücken finden die vielseitigste Anwendung; ihr Vorzug beruht in deren Einfachheit, Solidität und Billigkeit.

45. Unter den vielen Systemen, die besonders amerikanische Ingenieure konstruierten, verdient noch die von Wiegman bean-

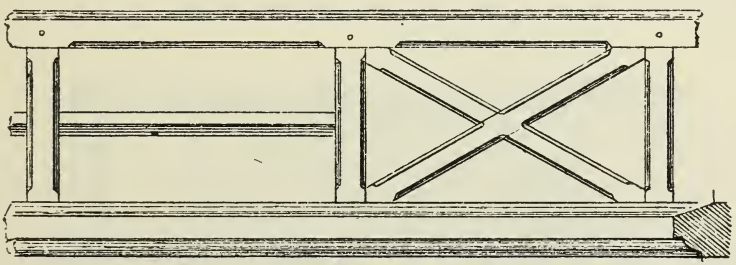

Abb. 73.

tragte Brücke erwähnt zu werden, da sie mit großer Zierlichkeit und Leichtigkeit eine bedeutende Tragkraft verbindet. Sie besteht (Abb. 72) aus aufgebogenen Brückenträgern, die eine Längenverspannung durch eiserne Zugstangen erhalten. Die Kopfenden der Randträger stecken in gußeisernen Schuhen, desgleichen sind die Unterzüge von Eisenschuhen zur Hälfte umfaßt. Es können ein, zwei oder auch drei Unterzüge verwendet werden, im letzten Falle müßte der mittlere eine größere Höhe erhalten.

46. Brückengeländern gibt man eine Höhe von 0·9—1·0 m.

Die Säulen derselben erhalten entweder eine Stütze gegen den verlängerten Unterzug oder die Landschweller; oft sind dieselben nur an

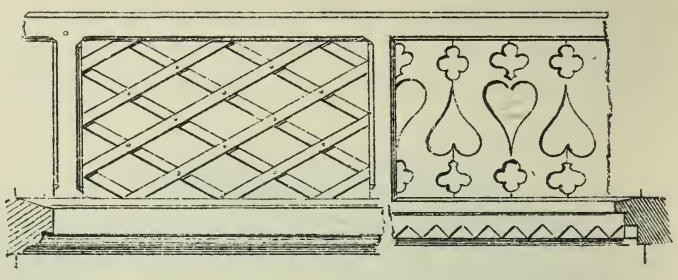

Abb. 74.

Brückenträger mittelst Schrauben und Bolzen befestigt. Einige der üblichen Konstruktionen zeigen die Abb. 73, 74 und 75. Die letztere kann bei gewölbten Brücken Verwendung finden.

Die Brückenwiderlager.

47. Das Gewicht der Brückenkonstruktion und der zufälligen Belastung ruht auf den beiderseitigen Ufern auf, die daher entsprechend gesichert werden müssen. Es geschieht dies auf eine zweifache Weise, und zwar entweder durch gemauerte Widerlager oder Landfesten oder durch feste Holzwände.

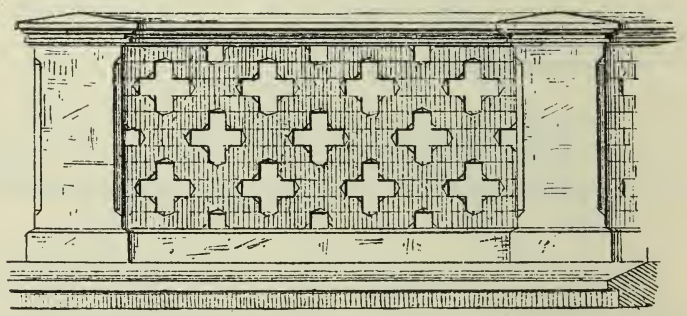

Abb. 75.

Brückenwiderlager von Stein. Es sind dies aus Steinen aufgeführte Stützmauern mit seitlichen Flügeln, die dem Erddruck und der Wirkung des Wassers Widerstand leisten müssen. Sie erhalten meist eine Verstärkung nach abwärts und sind, soweit sie mit dem Wasser in Berührung kommen, in hydraulischem Mörtel aufgeführt. Die Flügelmauern sind entweder rechtwinklig, wie in

Abb. 54 und 63, oder schräg, wie in Abb. 69, dargestellt. Der wichtigste Bestandteil der Widerlager ist die Fundierung, die gegen die Wirkung des Wassers geschützt werden muß. Ist der Untergrund genügend fest, so wird das Mauerwerk unmittelbar auf diesen aufgesetzt.

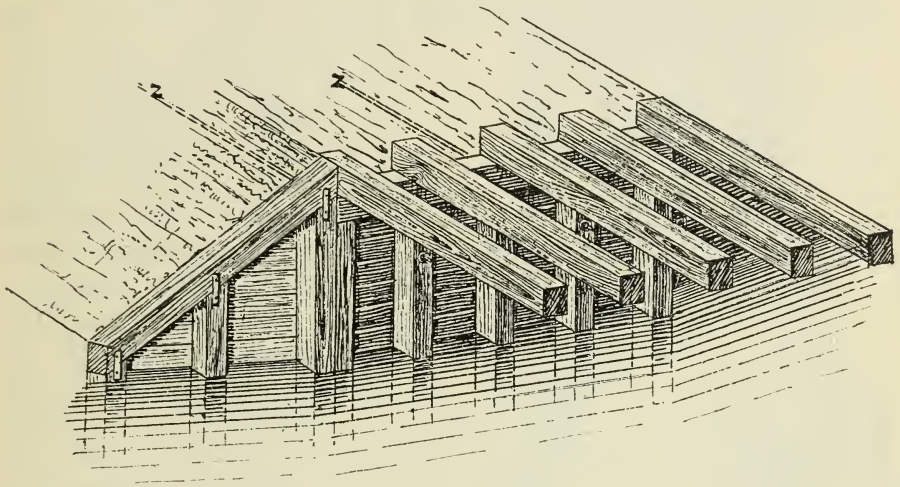

Abb. 76.

In den Abb. 54, 63 und 69 ist ein gemauertes Widerlager dargestellt.

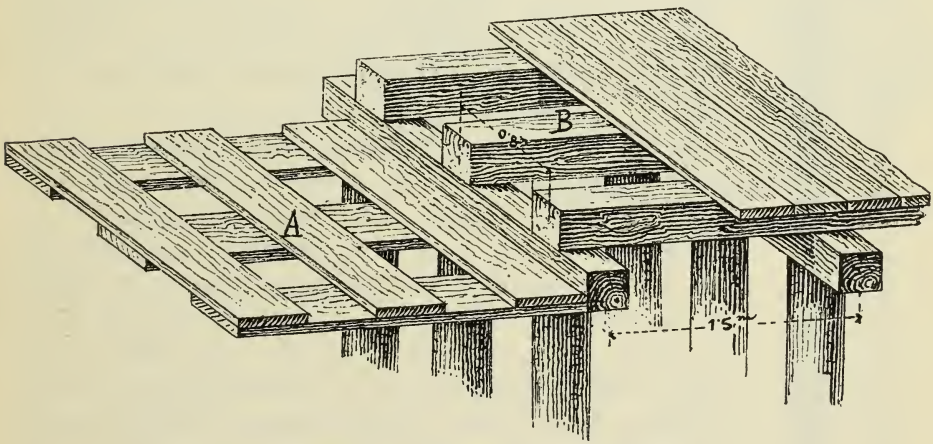

Abb. 77.

48. Brückenwiderlager von Holz werden in holzreichen Gegenden ausgeführt. Ihre Dauer ist verhältnismäßig geringer als jene der gemauerten Widerlager. Sie bestehen aus einer Reihe eingerammter Pfähle von einer dem Erddrucke entsprechenden Stärke.

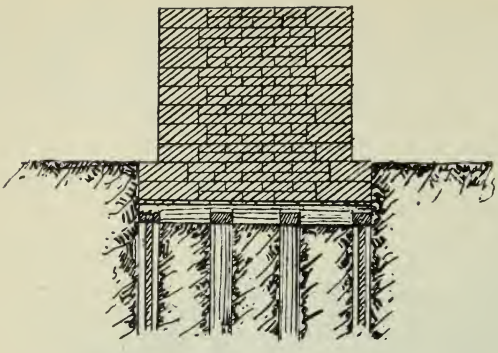

Abb. 78.

Auch hier sind Flügelwände erforderlich. Bei dem in Abb. 76 beantragten Widerlager sind schräge, an die Böschung sich anschließende Flügel projektiert; die Abb. 54 zeigt senkrechte Flügel. Bei diesen würde sich der Straßendamm in der Gestalt eines Kegels anschließen. Die Berechnung der auf Druck- und Bruchfestigkeit in Anspruch genommenen Pfähle findet nach den für Piloten entwickelten Formeln statt. Die Pfähle pflegt man in Entfernungen von Meter zu Meter fest einzurammen, damit das Widerlager gegen etwaige Auskolkungen geschützt ist, und an der Landseite mit Pfosten oder Bohlen zu verkleiden. Es empfiehlt sich, die Pfähle des Bohlwerks zur Erhöhung der Festigkeit zu verankern. Man treibt in das natürliche Erdreich unter der Dammkrone feste Pfähle ein und verbindet dieselben mit den oberen Enden der Bohlwerkspfähle durch schmiedeeiserne Zugstangen (z) oder in deren Ermangelung mit eichenen Zangenhölzern. Die Verbindung der einzelnen Hölzer untereinander ist aus der Abbildung ersichtlich. Es empfiehlt sich die Anwendung eiserner Bänder, wobei alle Eisenbestandteile, Schrauben und Bolzen, in das Holz zu versenken sind.

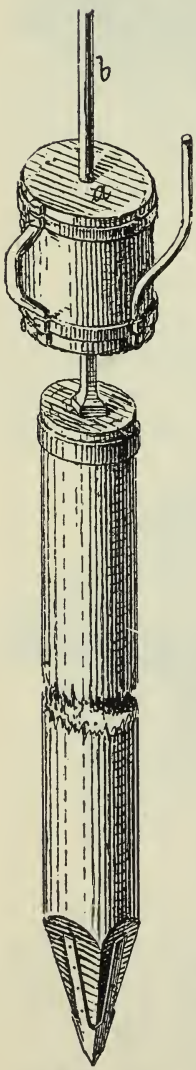

Abb. 79.

49. Ist der Untergrund nicht genügend fest, so kommen entweder die sogenannten Roste (Abb. 77 und 78) oder eine Betonierung (Abb. 81) zur Anwendung. Je nach dem Gewichte der Widerlagsmauer, der Festigkeit des Untergrundes und der Stärke der Strömung verwendet man einen Pfostenrost A oder einen Schwellrost B. Im ersteren Falle ruht das Mauerwerk auf einer Lage sich kreuzender Pfosten, deren leere Zwischenräume mit Steinplatten ausgefüllt werden. Bei Mauern von größerem Gewichte benützt man die tragfähigeren Schweller. Ist der Untergrund nicht genügend fest und befindet sich in größerer Tiefe ein tragfähiger Boden, so schlägt man in den Kreuzungsstellen der Schweller Rundhölzer, Piloten, ein, die, sobald sie in festem Unter-

grunde fußen, für den Schwellrost eine sichere Auflage selbst dann bieten, wenn die Mauern von der Strömung unterspült werden. Die beste Holzgattung für Roste und Piloten ist das Eichenholz, eventuell Lärchenholz.

Da das Einschlagen der Piloten bei der Konstruktion hölzerner Wände vielfach Anwendung findet, soll es im nachstehenden näher besprochen werden.

Die Pilote (Abb. 79) ist ein zugespitztes Rundholz, das für einen steinigen Boden einen Eisenschuh erhält. Das Kopfende ist mit einem Eisenring versehen, der das Zertrümmern desselben zu verhindern hat. Das Eintreiben der Pilote geschieht entweder durch die sogenannte Handramme oder durch Zugrammen. Die Handramme (a Abb. 79) ist ein ca. 50—60 kg schwerer Eichenklotz, mit Eisen beschlagen und mit vier Handhaben versehen. Der in der Pilote eingeschraubte eiserne Rundstab dient der Ramme als Führung. Vier Arbeiter heben die Ramme ca. 1—1·5 m hoch und lassen sie fallen. Im gleichmäßigen Tempo werden 20—25 Schläge (eine Hitze) gemacht, worauf eine Ruhepause folgt. Dringt die Pilote nach einer Hitze nicht mehr oder nur unbedeutend ein, so wird sie als

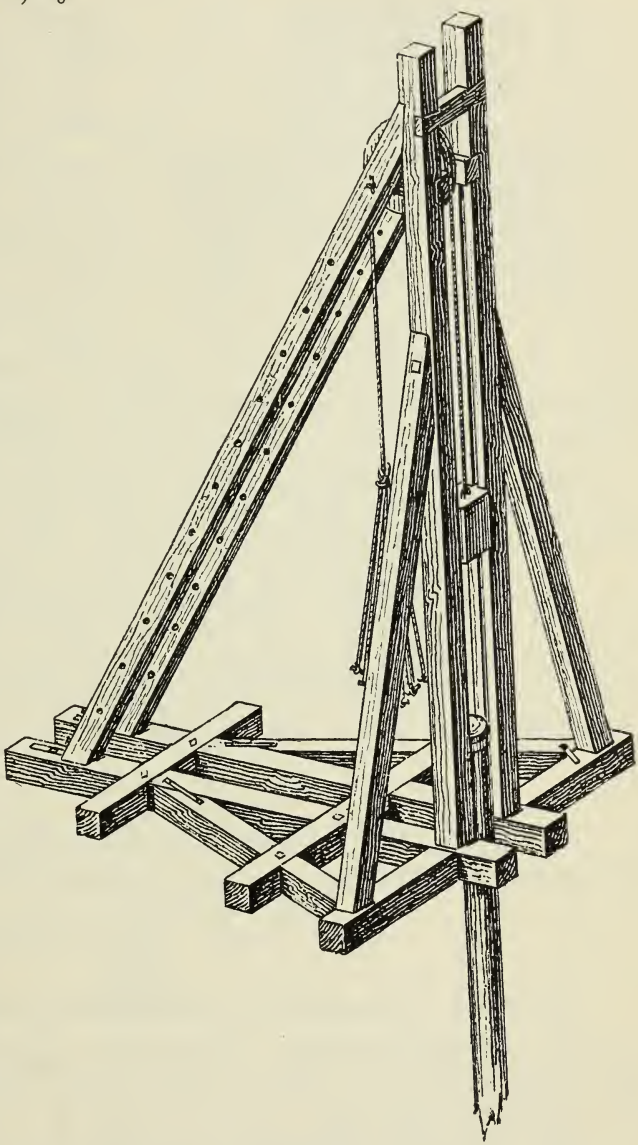

Abb. 80.

genügend fest angesehen und in entsprechender Höhe abgeschnitten. Die Handramme kann nur zum Einrammen von schwächeren Pfählen in eine geringere Tiefe verwendet werden.

Die Zugrammen. Der Klotz oder Rammbär, hier meist aus Gußeisen, 200—600 kg schwer, erhält ein Gerüste nach Abb. 80. Der Klotz wird mittelst eines Taues zwischen zwei oder vier Führungshölzern (Läufer) auf eine Höhe von 1—1·5 m gehoben. Die Führung besorgen meist zwei Federn am Rammklotz, die in die Nuten der Läufer eingreifen. Das Zugseil, 3—4 cm stark, bestehend aus gutem Hanf, geht über eine größere Rolle (Scheibe) vom Durchmesser 0·6 bis 0·9 m und ist an der Öse des Rammklotzes durch einen Knoten befestigt. Das andere Ende des Rammtaues läuft in eine größere Anzahl dünnerer Zugleinen aus, die in Handhaben endigen, an denen je ein Arbeiter auf gegebenes Zeichen anzieht. Die Arbeiter sind rings um das Rammtau aufgestellt; jeder beansprucht einen Raum von ca. 0·5 m^2. Sollen Pfähle in schräger Lage eingerammt werden, so erhalten die Läufer eine zu den Pfählen parallele Richtung.

Auf die schwierigeren Konstruktionen der Zugrammen, Kunst- und Dampframmen kann hier mit Rücksicht auf den beschränkten Raum nicht näher eingegangen werden.

Die Tragfähigkeit einer Pilote ist vom Erdwiderstande abhängig, den die Bodenart dem weiteren Eindringen derselben entgegensetzt. Bedeutet R diesen Erdwiderstand in Kilogrammen, h Meter das Vordringen des Pfahles beim letzten Schlag, die Fallhöhe des Rammbären H Meter, das Gewicht des Rammklotzes G Kilogramm, so ist

$$R\,h = \frac{2}{3}\,G \cdot H.$$

Beträgt z. B. $G = 600$ kg, $H = 1{\cdot}5$ m, $h = 0{\cdot}02$ m, so ist der Erdwiderstand oder das Tragvermögen

$$R = \frac{2}{3}\,600 \cdot \frac{1{\cdot}5}{0{\cdot}02} = 30\,000 \text{ kg}.$$

Von der so berechneten Belastung kann für praktischen Gebrauch $\frac{1}{10}$ als zulässige Belastung angenommen werden, also im vorstehenden Beispiele 3000 kg.

Als zulässige Belastung der Piloten werden von Rondolet 30—35 kg per Quadratzentimeter angegeben.

50. Betonfundierungen. Der Beton, ein inniges Gemenge von hydraulischem Mörtel oder Zement und eckigen harten Steinen von ca. 5 cm Durchmesser, ist ein vorzügliches Mittel für Fundierungen unter Wasser, ebenso in feuchtem, lehmigem oder

sandigem, wenig tragfähigem Untergrunde. Er hat die Eigenschaft, besonders unter Wasser stark zu erhärten, und Betonplatten geben sohin besonders für Brückenwiderlager und ähnliche Mauern vorzügliche Fundamente. Eine solche Betonfundierung ist in der Abb. 81 dargestellt. a sind zwei Spundwände, welche die Baugrube einschließen und die Fundamente gegen eine Unterspülung schützen.

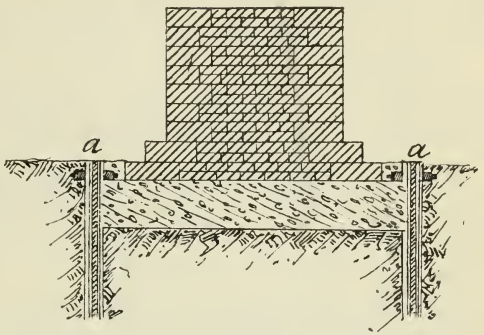

Abb. 81.

Die Zusammensetzung des Betons hängt von der gewünschten Tragfähigkeit desselben, sowie von den zu dessen Herstellung verwendeten Materialien, insbesondere des hydraulischen Kalkes oder Zementes ab. Die Steinstücke müssen hart und frei von Erde sein; man wäscht sie demnach und verwendet sie im nassen Zustande. Der hydraulische Mörtel hat die zwischen den aufgehäuften Steinen befindlichen Zwischenräume auszufüllen; danach bemißt sich die Menge desselben.

1 m^3 trockner Beton erfordert ca. 1·5 m^3 Mischungsteile.

Ein beim Brückenbau zu Morboné verwendeter Beton bestand aus:

6 Teilen hydraulischem Kalk,
12 „ Sand,
11 „ Kieselsteine,
4·75 „ Wasser.

Das gibt 15·5 Teile Mörtel und 23·5 Teile Beton.

Eine weitere Mischung ist:

3 Teile hydraulischer Kalk,
1 „ Traß,
10 „ Sand,
15 „ Steine.

Diese 29 Teile geben 18·6 Teile Beton; oder man bereitet den Mörtel aus 1 Teil hydraulischem Kalk, 1—2 Teile Sand und mischt denselben mit 2—3 Teilen Steine.

Eine Mischung unter Wasser, wenn der Beton eine möglichst große Festigkeit erlangen soll: 1 Teil Zement, 2 Teile Sand, 4 1/2 Teile Steine, geben 5 Teile Beton.

Betonmischung im Trockenen: 1 Teil Zement, 2 Teile Sand, 5—10 Teile Schotter, je nach der erforderlichen Festigkeit des Beton.

Nach Dykerhoff erhält man dichte Betonmassen aus: 1 Teil

Zement, 2 Teile Sand, 5 Teile Kies. Die Korngröße von Kies 0·5—3·0 cm.

Vorzügliche Zusätze zur Herstellung eines gut bindenden hydraulischen Mörtels sind die Puzzolenerde (Puzzuolo bei Neapel), der Traß, wie vorige ein vulkanisches Produkt, die Santorinerde usw.

Zubereitung des Beton. Man mischt den trockenen Sand mit dem Zement, fügt am besten mittelst Gießkannen die erforderliche Menge Wasser hinzu und verarbeitet das Material rasch zu einer gleichmäßigen, möglichst kompakten Masse. Schließlich werden die Steine eingeworfen und für gründliche Einhüllung derselben gesorgt. Der Wasserzusatz darf nur ca. 80—90 % des Gewichts vom Zement betragen.

Bei Verwendung des Betons im Trockenen wird er sofort nach dem Anmachen schichtenweise in die Grube gebracht und gestampft. Er erreicht so eine größere Dichte. Bei der Herstellung von Betonpflaster ist zur Hintanhaltung von Haarrissen ein zeitweiliges leichtes Anbrausen mit Gießkannen erwünscht. Dadurch wird der Erhärtungsprozeß verzögert. Eine stärkere Strömung des Wassers laugt den Beton aus. Daher ist bei Betonfundierungen unter Wasser die Strömung fernzuhalten. Auch muß in diesem Falle der Beton durch Holzschläuche, die schräg ins Wasser gestellt werden, in das Fundament versenkt werden.

Die Druckfestigkeit eines guten Betons beträgt für den Quadratzentimeter nach 14 Tagen ca. 60 kg, nach 120 Tagen 120 kg. Es empfiehlt sich eine vorherige Anfertigung von Mischungsproben.

Betonfundamente unter Wasser erhalten 40—50 cm Stärke.

Während die für Fundierungen verwendeten Roste stets mindestens 0·3 m unter dem tiefsten Wasserstande angeordnet werden müssen, sind die Betonfundierungen von der Höhe des Wasserstandes nicht abhängig.

Dritter Abschnitt.

Landwirtschaftlicher Wasserbau.

1. Die Verdunstung und die atmosphärischen Niederschläge.

51. Die Wassermassen, die den größten Teil der Erdoberfläche bedecken, sind in einer beständigen Zirkulation begriffen. Als Wasserdampf gelangen sie in die Atmosphäre, als Regen, Schnee, Hagel werden sie wieder ausgeschieden.

Die Intensität, mit der dieser Prozeß stattfindet, hängt von einer Reihe von Umständen ab. Zunächst ist es die Luft, von welcher der Grad der Aufnahmefähigkeit für den Wasserdampf abhängt. Enthält eine Luftschicht solche Mengen von Feuchtigkeit, daß sie für diese nicht mehr aufnahmefähig ist, so nennt man sie gesättigt. Dieser Sättigungspunkt ist nicht für alle Temperaturen gleich; bei höherer Temperatur ist die Aufnahmefähigkeit der Luft bedeutend größer als bei niederen Temperaturen. Nach Munke (Gehlers physikalisches Wörterbuch) vermag die Luft von

-5^0	$+0^0$	$+5^0$	$+10^0$	$+15^0$	$+20^0$	$+25^0$	$+30^0$
0·20	0·30	0·45	0·66	0·95	1·35	1·88	2·57

Gewichtsteile Wasserdampf aufzunehmen. Würde also eine Luft von 30^0 C auf 25^0 abgekühlt, so scheidet sie $2{\cdot}57 - 1{\cdot}88 = 0{\cdot}69\,\%$ Wasser aus; wird hingegen eine Luft von 10^0 um 5^0 abgekühlt, so beträgt die ausgeschiedene Wassermenge nur $0{\cdot}66 - 0{\cdot}45 = 0{\cdot}21\,\%$. Daraus folgt, daß durch eine Abkühlung sehr heißer Luftschichten auch sehr bedeutende Niederschläge stattfinden können. Einen Beleg hierfür bieten die gewaltigen Regengüsse der Tropen, die ausgiebigen Niederschläge der Sommermonate. — Außer dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft und der Temperatur werden die Niederschläge von der Stärke und Richtung der Luftströmungen beeinflußt. Eine Luftströmung führt einen Ausgleich der Temperaturen herbei, und es kommt darauf an, ob der Gehalt an Feuchtigkeit in der Mischung den Sättigungspunkt derselben überschreitet oder nicht erreicht. In

ersterem Falle muß ein Niederschlag erfolgen, in letzterem Falle kann das Gemenge für die Aufnahme von Wasserdampf geeigneter sein wie vorher. Nach der früheren Tabelle würde die aus dem Gemenge zweier Luftschichten von 15° und 25° entstandene Luft $\frac{0{\cdot}95 + 1{\cdot}88}{2} = 1{\cdot}41$ % Wasser enthalten und eine Temperatur von ca. 20° besitzen. Diesem Wärmegrad entspricht die Sättigungsmenge von 1·35, daher müßten 0·06 % Wasser ausgeschieden werden. Daraus folgt aber, daß ein Niederschlag auch dann erfolgen kann, wenn eine oder die andere, selbst beide sich vermengende Luftschichten den Sättigungspunkt nicht erreicht haben. Wesentlich ist ferner die Stärke der Luftströmung, da von derselben die Geschwindigkeit abhängt, mit welcher der sich oberhalb der Wasserflächen bildende Wasserdampf weggeführt wird, um einer trockenen, aufnahmefähigen Luft Platz zu machen. Streicht die Luft flach über den Boden hin, so ist deren Wirkung auch eine intensivere, als wenn ein Windanprall gegen den Boden stattfindet.

Die Beschaffenheit des Bodens, auf welchem die Luftschicht lagert, übt auf die Niederschläge resp. die Verdunstung ebenfalls einen Einfluß aus. Weite, ebene, wasserlose Flächen, kahle Gebirge usw. erhöhen an heißen Sommertagen die Lufttemperatur und steigern dadurch ihre Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf. Waldungen, Seen und Sümpfe führen eine Abkühlung derselben herbei, vermehren auch durch stärkere Verdunstung ihren Feuchtigkeitsgehalt. Daher auch die häufigen Niederschläge im bewaldeten Gebirge, dagegen ausgedehnte regenlose Wüstengebiete in den Tropen.

Da von einer größeren Oberfläche mehr Wasser verdampfen kann, so ist auch die von einer benetzten Wiesenfläche in die Luft übergehende Wassermenge selbst größer als die Verdunstungsmenge von einer Wasserfläche. Man hat an den stehenden Gewässern Verdunstungsmengen von 2 cm Höhe beobachtet, an Grasflächen selbst das Doppelte. Durchschnittlich kann diese mit 4 mm pro Tag angenommen werden. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die so entstandenen Wasserverluste an Kanälen, Teichen usw. unter Umständen, welche die Verdunstung günstig beeinflussen, nicht unbeträchtlich sind.

Endlich ist die Beschaffenheit des Untergrundes ein die Verdunstungsstärke beeinflussender Faktor. Die an die Luft abgegebene Wassermenge muß sich immer wieder ersetzen, wenn die Verdunstung gleichmäßig fortschreiten soll. Vollkommen ersetzt wird das Wasser nur von einer Wasserfläche, bei den Bodenarten hängt dieser Ersatz von der Größe der Kapillarleitung derselben ab.

Nachdem einzelne dieser Umstände von der Tätigkeit des

Menschen, insbesondere von der Durchführung gewisser Meliorationen, der Intensität der Bodenbereitung usw. abhängen, so ist es erklärlich, daß die klimatischen Verhältnisse einer Gegend vielfach im Zusammenhang stehen mit der Art der Bodenbewirtschaftung.

52. Die Tau- und Reifbildung. Diese sind von der vorbesprochenen Art der Entstehung atmosphärischer Niederschläge verschieden. Der Tau entsteht, wenn sich die Erdoberfläche bei nicht bewölktem Himmel durch Wärmeausstrahlung abkühlt. Die feuchten und warmen Luftschichten werden an der kalten Erdoberfläche abgekühlt, und der Wasserdampf setzt sich an derselben in Form kleiner Tropfen ab. Frei in der Luft schwebende Körper werden von der Luft umspült, daher zeigen sie wenig oder keine Taubildung. Bedeutend ist sie unmittelbar am Boden, insbesondere an Grasflächen. Bei bewölktem Himmel findet keine Taubildung statt. Die Wärmestrahlen werden von den Wolken zur Erde reflektiert, es kühlt sich die Luft zugleich mit der Erdoberfläche ab. Findet die Taubildung bei Temperaturen von unter 0° statt, so entsteht der Reif.

Bestimmung der Niederschlagsmengen.

53. Zur Feststellung der Regenmengen dienen die Regenmesser. Ein kreisrunder Trichter aus starkem Blech besitzt meist eine obere Öffnung von 1000 cm^2. Durch eine kleine Öffnung gelangt das Wasser in das Sammelgefäß, aus dem es in ein kalibriertes zylindrisches Glasgefäß zur Bestimmung des Kubikinhaltes abgelassen werden kann.

Sehr wichtig ist die Aufstellung des Regenmessers. Es dürfen sich zunächst keine höheren Bäume, Häuser usw. in seiner Nähe befinden, welche die Niederschläge von der Öffnung fernhalten könnten. Auch wurde beobachtet, daß die Regenmengen in verschiedenen Höhen über dem Boden differieren. Es hängt dies mit der vom Boden aufsteigenden Feuchtigkeit während des Regens zusammen. Die geeignetste Höhe ist 1 m über dem Boden.

Die jährlichen Regenmengen variieren selbst an einem und demselben Orte, so daß nur Mittelwerte längerer Beobachtungen in Betracht zu ziehen sind. Die Verteilung derselben auf die Jahreszeiten zeigt die Tabelle auf nächster Seite.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Orte mit kontinentalem Klima die größten Niederschläge im Sommer, jene mit Seeklima im Herbste aufweisen.

Die Ergiebigkeit eines Regens hängt von der Intensität desselben, wie auch von dessen Dauer ab. Eine Regenhöhe von 5 bis 10 mm entspricht schon einem ausgiebigen Niederschlag.

Beobachtungsstation	Höhe der atmosphärischen Niederschläge in Zentimetern.				
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	jährlich
Berlin	13·3	13·3	20·8	12·3	59·7
Danzig	7·9	9·5	17·4	12·7	47·5
Dresden	14·5	15·9	24·0	15·4	69·8
Hamburg	16·4	13·9	20·1	22·6	73·0
Kairo	2·4	0·8	0·0	0·2	3·4
Paris	10·3	11·7	12·8	13·5	48·3
Prag	5·2	9·4	15·9	7·9	38·9
Petersburg	7·4	7·3	17·1	13·0	44·8
Rom	23·6	18·6	8·6	27·7	78 5
Straßburg	10·3	18·0	26·3	17·5	72·1
Triest	18·2	23.5	25·3	43·1	100·1
Upsala	5·6	6·2	11·7	9·5	33·0
Wien	10·2	15·3	19·2	11·9	56·6

In Berlin beobachtete man Niederschläge von 60—70 mm pro Tag. Auch Wien weist derartige außergewöhnliche Regenfälle auf. Vereinzelt wurden jedoch an beiden Orten weit höhere Niederschläge binnen wenigen Stunden beobachtet.

2. Das Grundwasser und die Quellbildung*).

54. Die auf die Erdoberfläche gelangten Wassermengen werden teilweise als Tagwasser oberirdisch abgeleitet, ein weiterer Teil dringt in den Boden ein, ein dritter verdunstet und gelangt so neuerdings in die atmosphärische Luft.

In welchem Verhältnisse diese Verteilung stattfindet, ist schwer festzustellen. Die physikalische Beschaffenheit der Erdoberfläche, ihre Gefällsverhältnisse, der Grad der Durchlässigkeit beeinflussen dieselbe. Im großen Durchschnitte kann angenommen werden, daß die erwähnte Verteilung zu je einem Drittel vor sich geht.

Die oberirdischen Gewässer können von Menschenhand geleitet werden; man hemmt ihren Lauf und zwängt sie in bestimmte Rinnsale. Das Fortschreiten des in den Boden einsickernden Wassers läßt sich schwer regulieren; doch auch da bahnt man ihm den Weg durch Kanäle, die dasselbe abzuleiten haben.

Im allgemeinen bewegt sich das versickernde Wasser, entsprechend

*) Eingehend besprochen in dem Fachwerke „Die geologischen Verhältnisse von Grund und Boden". Für Land- und Forstwirte von Dr. Jos. Ritter von Liburnau, Ministerialrat im K. K. Ackerbauministerium in Wien. — Berlin, Verlag von Paul Parey.

dem Gesetz der Schwere, vertikal nach abwärts; stößt es auf Widerstand bei mehr oder minder undurchlässigen Erdschichten, so ist die resultierende dieser Kräfte der Weg, den das Grundwasser nimmt. Ist die Erdschicht nur für einen geringen Teil des Wassers durchlässig, so lagert das Grundwasser über dieser Erdschicht oder bewegt sich entlang derselben, wenn sie nach einer Richtung eine Gefälle besitzt. Bei muldenförmiger Gestalt des undurchlässigen Untergrundes bildet sich ein unterirdisches Wasserbecken, in dem sich das Wasser staut. Der Spiegel dieses Stauwassers kann je nach der Zuflußmenge oder der Gestalt der Erdschichten selbst zutage treten. Auch durch die kapillare Wirkung des Bodens gelangt das Grundwasser in höhere Erdschichten.

Die Stärke der Haarröhrchenanziehung oder Kapillarität hängt nach den Untersuchungen von E. Wollny von der Feinheit des Korns ab und nimmt in jedem Boden von oben nach unten zu. Der Quarzsand hat die geringste, der Humus die größte Wasserkapazität. Der Ton nimmt zwischen beiden die Mitte ein.

Die kapillare Wasserleitung fand Prof. Dr. Max Fesca:

im Rohton aus Diluviallehm in 140 Tagen ca. 1 m hoch,
„ „ „ Kaolin „ 118 „ „ 1 „ „

Im feinen Sand (Korngröße 0·01 mm bis 0·05 mm) am ersten Tage 40 cm, nach 100 Tagen erreichte das Wasser die Höhe von 75 cm. Im Sande von 0·05—0·25 mm am ersten Tage 16 cm, nach 55 Tagen 27 cm. Im Sande von 0·1—0·5 mm Korngröße am ersten Tage 6 cm, nach 126 Tagen 10 cm. Diese Hubhöhe ist am größten im Torf- und Moorboden (5—6 m).

Die Bedeutung der kapillaren Wasserleitung in bezug auf die Pflanzenproduktion besteht in der Zufuhr von Wasser aus den tieferen Erdschichten in das Bereich der Pflanzenwurzeln, mittelst welcher es bis über die Erdoberfläche gelangt. Auf Böden von bedeutender kapillarer Wirkung wird das Wasser aus größeren Tiefen auf die Oberfläche geleitet und so der Verdunstung zugeführt.

55. Die Versickerung im Boden hängt ab vom Druck der Wassersäule und der Dichte der Bodenart.

Nach obigen Untersuchungen waren erforderlich:

Um im Sand von der Korngröße 1·0—0·5 mm das Wasser 0·3 m tief einsinken zu lassen, 0·75 Minuten,

bei Sand Korngröße 0·5 —0·25 mm 4—5 Minuten,
„ „ „ 0·1 —0·05 „ 20—25 „
„ Staub „ 0·05—0·01 „ ca. 70 „
„ Rohton „ 0·01 „ 2—8 Tage.

Aus vorstehenden Untersuchungen ersieht man, daß Tonboden das Wasser langsam hebt, aber auch langsam nach abwärts leitet.

56. Die Wasserkapazität. Mit diesem Namen bezeichnet man die Fähigkeit des Bodens, eine gewisse Menge Wasser aufzunehmen und festzuhalten. Das Festhaltungsvermögen nimmt in jedem Boden von oben nach unten zu und steigt mit der Feinheit des Kornes. Der Quarzsand hat die geringste, der Humus die größte Wasserkapazität. Der Ton steht in der Mitte zwischen beiden. Mit erhöhtem Gehalt an Steinen vermindert sich das Festhaltungsvermögen.

Ein feiner Sand vermag 10—12 % des Eigengewichts Wasser aufzunehmen und festzuhalten; fetter Ton nimmt 25—30 %, mit Sand vermengter Ton 40—45 % auf.

Aus diesen Betrachtungen ist ersichtlich, daß die Kapillarität und Wasserkapazität wesentlich den Kulturwert des Bodens beeinflussen; das zu geringe Maß dieser Eigenschaften schädigt den Boden in gleichem Maße wie der Überschuß derselben. Der letztere Umstand besonders dadurch, daß eine Durchlüftung des Bodens, sohin die für die Ernährung der Pflanze erforderliche Zufuhr von Sauerstoff verhindert wird. Für die meisten Kulturpflanzen kann eine Wassermenge von 20 % als der günstigste Feuchtigkeitszustand angesehen werden.

Böden von bedeutender Kapillarität haben auch eine niedrigere Durchschnittstemperatur und werden deshalb kalte Böden genannt. Durch entsprechende Bodenmeliorationen muß daher im Boden ein solcher Zustand herbeigeführt werden, daß neben bedeutender Wasserkapazität ein hoher Luftgehalt vorhanden ist. Diesem Zwecke dient jede die Auflockerung bezweckende Bodenbearbeitung.

Häufig finden sich mehrere Grundwasserspiegel übereinander, getrennt durch undurchlässige Erd- und Steinschichten, vor. Diese Wässer haben meist eine verschiedene Beschaffenheit, wenn sie verschiedene Erdschichten passieren. Die Kenntnis der Lagerung der einzelnen wasserführenden Schichten ist insbesondere beim Graben artesischer Brunnen erforderlich, weil davon die Ergiebigkeit und Qualität des zu hebenden Wassers abhängig ist.

57. Tritt die wasserführende Schicht und mit ihr das Grundwasser zutage, so entsteht eine Quelle. Richtiger bezeichnet man das aus den Schichten der älteren Formationen abfließende Wasser als Quellwasser, das dem Alluvium und Diluvium entstammmende als Grundwasser. Die Wassermenge der Quelle hängt von der Größe des Sammelgebietes, der Stärke der Niederschläge und den vorangeführten physikalischen Eigenschaften des Bodens ab;

diese können ein rasches oder langsameres Abfließen des Grundwassers bewirken, wodurch die Quelle einen gleichmäßigen Ablauf erhält oder mit Unterbrechungen Wasser liefert.

Den gleichmäßigsten Wasserstand zeigen die Quellen von bewaldeten Flächen; desgleichen ist während der kalten Jahreszeit die Wassermenge der Quelle konstanter als zur Sommerszeit.

Die Temperatur der Quelle hängt von der Tieflage des Grundwasserspiegels, die chemische Zusammensetzung des Wassers, daher auch dessen Verwendbarkeit zu landwirtschaftlichen Zwecken oder als Trinkwasser von den darin gelösten oder suspendierten Mineralien ab. Die zuträglichste Härte eines Trinkwassers ist 10—12 Härtegrade bei einer Temperatur von 12° C. Die Härte der Wiener (alten) Hochquellenleitung schwankt zwischen 7—9°.

Das oberirdisch ablaufende Wasser.

58. Je nach der Dichte und Gestalt der Bodenart, dem Trockenheitszustande, der Kultur des Bodens und den Gefällsverhältnissen findet das oberirdisch ablaufende Wasser größere oder geringere Widerstände, welche seinen Lauf mehr oder minder hemmen und seiner zerstörenden Wirkung auf die Erdoberfläche entgegenarbeiten. Häufig sammeln sich in den Mulden der Gebirge größere oberirdisch abrinnende Wassermengen auf, durchweichen das tieferliegende Erdreich, bis endlich die halbflüssige Masse den Weg in das Tal nimmt. Die fruchtbare, zur Bepflanzung erforderliche Erde wird fortgeschwemmt. Besonders gefährlich sind hohe und kahle Bergabhänge; auf ihnen entspringen die so gefährlichen Wildbäche. In flachen Lagen schützt der Landwirt seinen Acker durch Furchen, die das Wasser in die Seitengräben ableiten. Steilere Hänge schützt eine Grasnarbe; das beste Mittel zur Verzögerung des Wasserabflusses und zur Sicherung gegen Abschwemmung ist der Wald mit seiner schwammartigen Bodenfläche. In allen Ländern würdigte man die Bedeutung des Waldes durch Forstschutzgesetze, welche Aufforstungen fördern und die Zerstückelung des Waldbesitzes, sowie die Verwüstung desselben verhindern sollen. Nebst den Aufforstungen sind es verschiedene Bauten in den Rinnsalen der Wildbäche und am Ursprunge der Gebirgsflüsse, die auf den Wasserabfluß hemmend einzuwirken bestimmt sind und im weiteren Teile zur Besprechung gelangen. Ausführlich belehrt über diese Bauten und Aufforstungen im Gebirge das Werk vom Freiherrn von Seckendorff*).

*) Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe, dargestellt von Prof. Dr. Arthur Freiherrn von Seckendorff, K. K. Reg.-Rat. Wien.

3. Die natürlichen Wasserläufe.

59. Die von den einzelnen Flächen ablaufenden ober- und unterirdischen Wasserläufe vereinigen sich, sobald sie in tiefere Lagen gelangen, zu Gewässern von immer größerer Ausdehnung und bilden so *Gräben*, *Bäche*, *Flüsse* und *Ströme*. Die Flächen, von denen das Wasser nur einem bestimmten Wasserlauf zuströmt, nennt man dessen *Niederschlagsgebiet*. Die Grenzen der Niederschlagsgebiete zweier Gewässer sind höhere oder niedere Gebirgszüge: die *Wasserscheiden*. Das Niederschlagsgebiet eines Flusses umfaßt daher die Niederschlagsgebiete aller in denselben einmündenden Nebenflüsse. Von der Größe dieses Gebietes, sowie von der Ausgiebigkeit der Niederschläge hängt die Menge des Wassers, welche ein Gewässer führt, ab. Nach den Beobachtungen von *Gräve*, *Michaelis*, *Charles*, *Gred* u. a. kann die von den Wasserläufen eines Niederschlagsgebietes abgeführte Wassermenge mit 30—40 % des Gesamtniederschlages angenommen werden. Je nachdem diese Niederschläge allmählich oder rasch in den Wasserlauf gelangen, entstehen verschiedene *Wasserstände*. Man bezeichnet dieselben mit den Namen *Niederwasser*, *Mittelwasser*, *Hochwasser*. Ein starkes Gefälle, schwer durchlässiger Boden, kahle Hänge ermöglichen ein rasches Abrinnen der Niederschläge und deren Ansammlung im Tale; Waldboden, Sümpfe, Teiche verzögern den Wasserzufluß.

Es ist Sache des Kulturtechnikers, jene Mittel ausfindig zu machen, die bei den Gewässern auf die Erhaltung des Mittelwassers abzielen.

Auf die Geschwindigkeit, mit der sich das Wasser im Gerinne fortbewegt, übt das *Gefälle* und die *Beschaffenheit des Bettes* einen Einfluß aus. Das Gefälle ergibt sich aus dem Höhenunterschiede zweier Punkte des Wasserspiegels, und man nennt das Gefälle *relativ*, wenn dieser Höhenunterschied verglichen wird mit der Distanz, *absolut* ohne Rücksicht auf die Entfernung. Die Geschwindigkeit des Wassers — der Weg in einer Sekunde — hängt ab vom Gefälle und der Form und Beschaffenheit des benetzten Profils. Ein rauhes, steiniges Bett verzögert, glatte Sohle und Ufer — die benetzte Fläche — beschleunigt die Geschwindigkeit. Je kleiner diese benetzte Fläche bei bestimmtem Wasserquerschnitte ist, desto geringer ist die Reibung des sich fortbewegenden Wassers. Die größte Geschwindigkeit besitzt das Wasser in der Regel an der tiefsten Stelle, im sogenannten *Stromstrich*. Daraus folgt, daß bei höherem Wasserstande auch die Geschwindigkeit größer ist als bei niederen Wasserständen. Bei fließenden Gewässern findet mit

Rücksicht auf das geringe Gefälle eine Beschleunigung der Wassergeschwindigkeit nicht statt, daher wird nur das relative Gefälle zu berücksichtigen sein.

Bestimmung der einen natürlichen Wasserlauf passierenden Wassermenge.

60. Bei kleinen Gerinnen kann diese Messung durch das Einleiten des Wassers in ein Gefäß stattfinden. Der Quotient aus dem Volumen durch die zum Füllen desselben erforderliche Zeit (in Sekunden) gibt die Wassermenge in der Sekunde an.

Bei kleineren Bächen und Kanälen kann, besonders wenn ein leicht meßbares benetztes Profil zur Verfügung steht, die Geschwindigkeit durch schwimmende Körper bestimmt werden. Als solche verwendet man mit Wasser teilweise beschwerte Flaschen oder Holzstücke mit Fähnchen versehen. Die in der Zeiteinheit passierende Wassermenge ist das Produkt aus dem Wasserquerschnitte und dem in der Zeiteinheit zurückgelegten Wege. Dieser wird als Quotient einer längeren vom Schwimmkörper zurückgelegten Strecke und der hierzu erforderlichen Zeit ermittelt.

Für genauere Berechnungen schaltet man in den Wasserlauf ein rechteckig ausgeschnittenes Brett ein oder eine gezimmerte rechteckige Durchlaßöffnung so, daß die gesamte Wassermenge diese Öffnung passieren muß. Bezeichnet man mit b die Breite der Durchlaßöffnung, mit h die Höhe des Wasserspiegels, gemessen in der Durchlaßöffnung, und mit M die Wassermenge in der Sekunde, so ist

$$v = k \sqrt{2 g h}$$

und

$$M = k \cdot b \cdot h \sqrt{2 g h},$$

wobei

$$g = 9{\cdot}81 \text{ m}.$$

Der Koeffizient k kann mit Rücksicht auf die Reibung und Kontraktion mit 0·4 angenommen werden.

Wie groß ist diese Wassermenge, wenn

$$b = 1{\cdot}0 \text{ m und } h = 0{\cdot}25 \text{ m},$$

$$M = 0{\cdot}4 \cdot 1{\cdot}0 \cdot 0{\cdot}25 \sqrt{2 \cdot 9{\cdot}81} \cdot 0{\cdot}25 = 0{\cdot}222 \text{ m}^3 = 222 \text{ Liter}.$$

Bei größeren Gewässern wird die Geschwindigkeit entweder durch Schwimmer oder genauer durch Anwendung eines Instrumentes zur Messung der Geschwindigkeit bestimmt. Solche Instrumente sind u. a. der Woltmannsche Flügel und die Röhre von Pitot. Der erstere besteht aus einem Rade mit schräg zur Stromrichtung

gestellten Flügeln, welche durch die Strömung in Bewegung gesetzt werden. Die Zahl der Umdrehungen ist der Geschwindigkeit proportional. Für Wassertiefen von nicht über 2 m verdient die Pitotsche Röhre den Vorzug. Das Prinzip derselben beruht darauf, daß im Innern einer rechtwinklig gebogenen, mit einer Öffnung gegen die Strömung gerichteten Glasröhre das Wasser über den Wasserspiegel steigt, und zwar um so höher, je größer die Geschwindigkeit des fließenden Wassers ist. Das Maß des Steigens im vertikalen Arme der Pitotschen Röhre dient zur Beurteilung der Geschwindigkeit. Dieses Instrument hat den Vorteil, daß die Geschwindigkeit in jeder beliebigen Tiefe, unmittelbar am Boden wie an der Oberfläche gemessen werden kann.

61. Zur Berechnung der ein Profil in der Zeiteinheit passierenden Wassermenge in einem Flusse muß für genauere Messungen die durchschnittliche Geschwindigkeit ermittelt werden. Hat man gefunden, daß dem Teile f_1 des Gesamtquerschnitts die Geschwindigkeit v_1, v_2 dem Teile f_2, v_3 dem Teile f_3 . . . entspricht, so ergibt sich die Durchflußmenge pro Sekunde $M = v_1 f_1 + v_2 f_2 + v_3 f_3 + \ldots$

Ist $f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + \ldots = F$, und wird die durchschnittliche Geschwindigkeit mit v_x bezeichnet, so ist auch

$$M = F \cdot v_x.$$

Daraus ist

$$v_x = \frac{M}{F}.$$

Die Aufnahme des Wasserquerschnittes kann nach Art der Aufnahme der Querprofile vorgenommen werden. In gewissen wagrechten Abständen werden die Wassertiefen mittels vertikal eingestellter und eingeteilter Latten gemessen. Aus diesen Längen- und Vertikalmaßen läßt sich das Profil konstruieren.

4. Die Uferschutzbauten.

62. Die lebendige Kraft des in Bewegung befindlichen Wassers vermag einzelne Teile der Erdoberfläche, Schlamm, Erde, Sand, Gerölle, ja selbst größere Steine loszulösen und so lange vorwärts zu bewegen, als die Geschwindigkeit des Wassers nicht vermindert wird. Mit abnehmender Geschwindigkeit werden zunächst die gröberen, sodann die feineren im Wasser suspendierten Mineralien abgesetzt. So wirkt das Wasser zwischen Berg und Tal ausgleichend. Die nächste Folge davon ist eine Verlegung des Fluß-

bettes durch Schutt- und Geröllablagerungen und der Austritt des Wassers aus seinen Ufern.

Nach Umpfenbach enthält die Wasseroberfläche kleinerer Gewässer:

Kies von 2·6 cm Durchmesser bei einer Geschwindigkeit $v = 0{\cdot}94$ m
„ „ 5·2 „ „ „ „ „ $v = 1{\cdot}57$ „
Steine „ 20 „ „ „ „ „ $v = 2{\cdot}20$ „

Dagegen wird Schlamm mitgeführt schon bei $v = 0{\cdot}2$ m.

Sand wird suspendiert erhalten von $v = 0{\cdot}45$ m an.

Professor Harlacher fand bei seinen an der Elbe bei Lobositz in Böhmen angestellten Versuchen:

1. Von der gesamten jährlichen Niederschlagsmenge per 20 000 Millionen Kubikmetern führt der Fluß 4750 Millionen Kubikmeter, also ein Viertel ab. Drei Viertel gehen durch Verdunstung, Versickerung, Verbrauch usw. verloren.

2. Mit dieser Wassermasse wurden 815 Millionen Kubikmeter fester und 160 Millionen Kilogramm flüchtiger Stoffe abgeführt.

Professor Nowacki in Zürich fand, daß durch den Rhein jährlich an wichtigen Dungstoffen 22 000 t im Werte von 29 Millionen Mark dem Meere zuschwimmen.

Zu den Veränderungen, die das Wasser durch Ablagerung von Sand und Gerölle am Flußbette herbeiführt, gesellen sich ferner Veränderungen seiner Ufer. Die abgelagerten Sand- und Schotterbänke drängen das Wasser gegen ein Ufer, das, den Angriffen des Wassers ausgesetzt, abbröckelt. In solcher Weise entsteht aus einem geraden Bette die Form einer Serpentine, bei welcher infolge der schrägen Lage der Ufer zum Stromstrich die Böschung stärkeren Angriffen des Wassers ausgesetzt wird, während auf der entgegengesetzten Seite eine Sandbank entsteht.

Dieser zerstörenden Wirkung des Wassers entgegenzuarbeiten ist die Aufgabe des Hydrotekten. Sie besteht in Arbeiten, welche die Verzögerung des Zuflusses und Beschleunigung des Abflusses der Hochwässer bezwecken.

Solche Regulierungsarbeiten umfassen:

a) Maßregeln zur Zurückhaltung der Hochwässer im Gebirge;

b) die Beseitigung der Anschwemmungen und der Sandbänke;

c) die Sicherung und Regulierung der Uferböschungen;

d) die Vornahme von Durchstichen;

e) die Herstellung von Schutzdämmen;

f) die Erbauung von Stauanlagen.

a) Maßnahmen zur Zurückhaltung der Hochwässer im Gebirge.

63. An steilen, felsigen Abhängen der Gebirge vermag der Regen nur in geringem Maße in den Boden einzudringen. Das bei stärkeren Niederschlägen von diesen Flächen abfließende Wasser gelangt daher in kurzer Zeit in das Tal, welches es mit Gerölle anfüllt und bedeutende Anschwellungen der tieferen Gewässer verursacht. Die Vorkehrungen, welche in neuerer Zeit getroffen wurden, um den durch Gebirgswässer herbeigeführten Verheerungen entgegenzuarbeiten, sind:

α) Aufforstungen der felsigen und sterilen Hänge;
β) die Herstellung von Reservoiren;
γ) der Bau von Talsperren.

α) Aufforstungen.

64. Die Bedeutung des Waldes als Regulator der atmosphärischen Niederschläge ist an anderer Stelle gewürdigt worden. Auch erfährt die Bewegung des Wassers im bewaldeten Boden eine bedeutende Verlangsamung, indem das sich bildende Moos, die Gräser und die Streu große Wassermengen aufzunehmen und festzuhalten vermögen. Auf diese Weise fließt das Wasser von Waldflächen nur allmählich ab. In Würdigung dieser Umstände werden die Aufforstungen in neuerer Zeit in großem Maßstabe betrieben, auch sorgen die überall zu diesem Zwecke erlassenen Forstgesetze dafür, daß der früher zulässigen Verwüstung der Wälder Einhalt geboten wird.

β) Herstellung von Reservoiren.

65. Ein direktes Mittel, den plötzlichen Eintritt größerer Wassermengen in den Fluß zu verhindern, besteht in der Errichtung von *künstlichen Seen* im Gebirge, die bedeutende Wassermengen aufzunehmen imstande sind. Das Ablassen dieser Reservoire kann nach Belieben reguliert werden. Sie dienen meist zugleich anderen Zwecken; sie speisen die Kanäle der Bewässerungsanlagen, versorgen die Städte mit Nutzwasser, treiben Mühlen, Elektrizitätswerke usw. In den tropischen Ländern werden die Reservoire zu dem alleinigen Zwecke errichtet, um das Wasser von der Regenzeit aufzuspeichern für die Periode der regenlosen Zeit. Zu diesem Zwecke erhalten sie oft außerordentlich große Dimensionen. So faßt das größte indische Reservoir bei *Cholavaram* an 100 Millionen Kubikmeter und bedeckt eine Fläche von mehreren Tausend Hektaren,

der ägyptische Sammelweiher von Assuan sogar 2300 Millionen m^3. Die günstigsten Stellen für die Errichtung solcher Reservoire sind wenig geneigte Täler im Gebirge von entsprechender räumlicher Ausdehnung. Diese Täler werden an der engsten Stelle, unterhalb des projektierten Reservoirs, durch eine dem Wasserdruck entsprechend starke Quermauer oder durch Dämme abgesperrt. Der oberhalb des Dammes sich bildende See füllt sich bei Hochwasser an und kann sodann allmählich abgelassen werden. Größere Wassermengen, die das Reservoir nicht zu fassen vermag, werden durch ein seitliches Gerinne, welches mit Ein- und Ablaßschleusen versehen ist, mit Umgehung des Reservoirs abgeleitet.

γ) Der Bau von Talsperren.

66. Die steilen Höhen des Hochgebirges verschneiden sich untereinander in abfallenden Graten oder muldenartigen Ixen, Runsen oder Siefen, — Gräben, welche gewöhnlich trocken und mit Steingerölle erfüllt sind, nach einem Regen jedoch oder im Frühjahr nach der Schneeschmelze bedeutend anschwellen können. Die so plötzlich sich bildenden Gießbäche stürzen mit großer Gewalt abwärts, Gerölle und Felsstücke mitreißend.

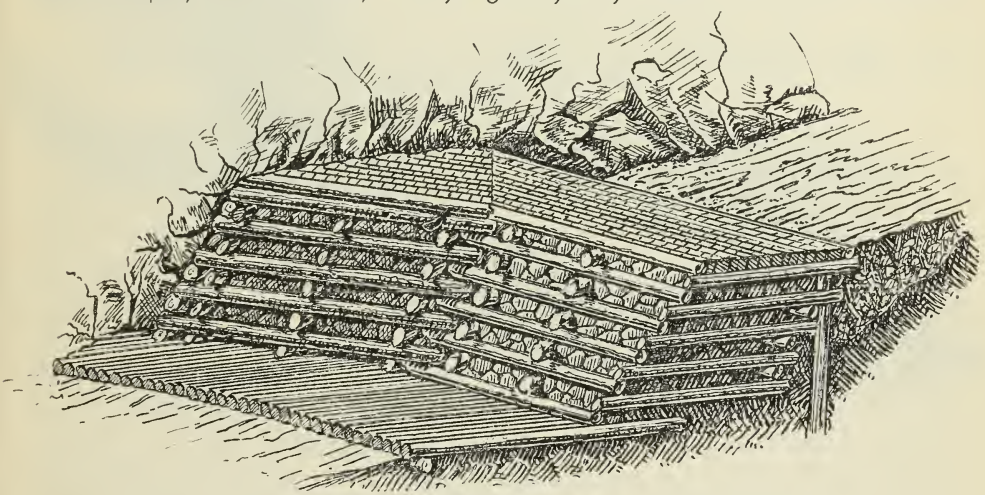

Abb. 82.

Häufig legt sich die hinabgerollte Steinmasse als ein mächtiger Damm quer über das Tal, der im unteren Gewässer einen Rückstau bewirkt, wodurch ein See gebildet wird, so daß Grundstücke und selbst Ortschaften unter Wasser gesetzt werden. Die Mittel, die Geröllmassen aufzuhalten, bestehen in der Errichtung solcher Bauten, welche die Geschwindigkeit des Wassers in den Gießbächen vermindern. Sie führen den Namen Talsperren.

Die Talsperren bestehen aus festen, quer über den Lauf der Runsen errichteten Wehren von Holz, Stein oder beiden Materialen zugleich. Sie bewirken einen Stau, halten die in Bewegung gesetzten Geschiebe zurück und unterbrechen die Geschwindigkeit des Wassers, denn die über die Talsperre abstürzenden Wassermassen fallen sich tot. Solche Talsperren errichtet man in gewissen, dem Gefälle des Gießbachs entsprechenden Entfernungen. Im Laufe der Zeit füllt sich der Raum oberhalb der Talsperre mit Gestein an, und es bilden sich Stufen, über die das Wasser gleitet, ohne Verheerungen anzurichten.

Bei dem heftigen Anprall des Wassers und der Steine an die errichtete Talsperre muß auf eine besondere Widerstandskraft

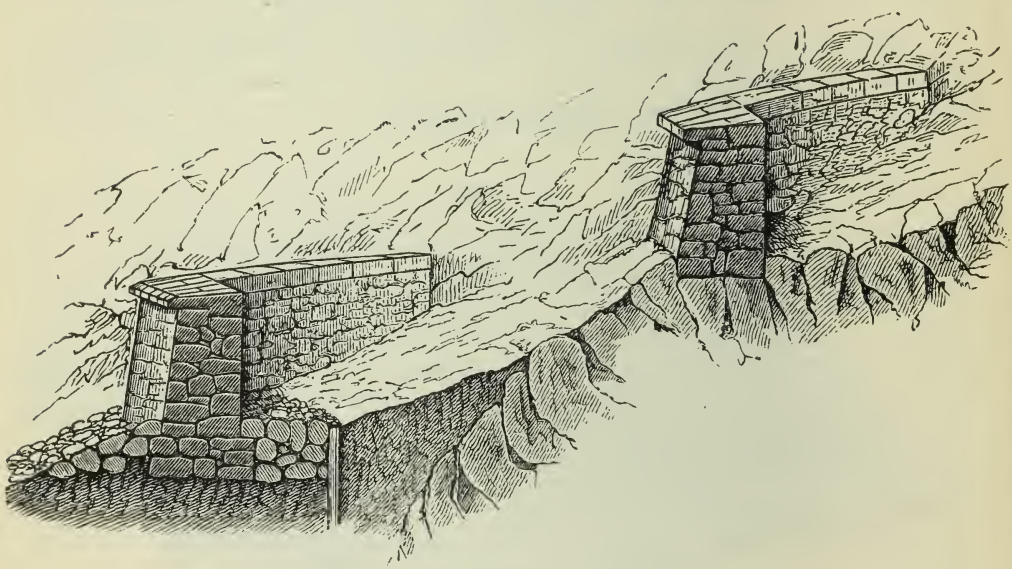

Abb. 83.

sowie auf einen sicheren Anschluß an die beiderseitigen Böschungen gesehen werden. Die hölzernen (halbmassiven) Talsperren bestehen aus einem kassettenartigen Holzgerüste (Abb. 82), dessen Hölzer untereinander verbunden sind und durch Pfähle im Boden fest verankert werden. Die kassettierten Hohlräume werden mit möglichst schweren Steinen ausgefüllt, wodurch die Talsperre die erforderliche Stabilität erhält. Die Oberfläche wird mit Steinen sorgfältig abgepflastert. Die unterhalb der Talsperre angebrachte Reihe von Rundhölzern schützt das Bauwerk gegen Auskolkung durch das abstürzende Wasser. Ein großer Teil des Wassers kann bei dieser Bauart durch das Gestein hindurchsickern.

Die massiven Talsperren (Abb. 83, nach Perels Wasser-

bau) bestehen aus in Bogen errichteten Mauern mit der konkaven Seite gegen das Tal. Der Zentriwinkel der Stirnmauer soll nicht unter 15° betragen. Die Anlehnung an die beiderseitigen Lehnen findet, wenn diese Lehnen nicht aus festem Gestein bestehen, durch je eine Stützmauer statt. Stütz- und Stirnmauern müssen aus großen Steinen hergestellt, gut in Verband gelegt und in Mörtel ausgeführt werden. Zwischen je zwei Talsperren pflegt man eine Reihe von *Flechtzäunen* einzuschalten. Es sind das quer über die Runse in den Boden eingeschlagene Pfähle, welche mit Reisig verflochten sind. Ihre Höhe beträgt ca. 0·5 m über der Grabensohle. Sie erfüllen zwar den Zweck, das Gestein zurückzuhalten, nur unvollkommen, entlasten jedoch die in größeren Entfernungen angebrachten kostspieligen Talsperren. Haben sich oberhalb der Flechtzäune Schuttriegel gebildet, so können — etwas zurückgesetzt — neue Flechtzäune aufgestellt und so das Gefälle immer günstiger gestaltet werden.

b) Die Beseitigung der Anschwemmungen und der Sandbänke.

67. Nach jedem Hochwasser erleidet das Bett eines Wasserlaufes gewisse Veränderungen. Diese entstehen dadurch, daß infolge der erhöhten Geschwindigkeit Sand, Kies und selbst größere Steine in Bewegung gesetzt und an solchen Stellen, wo die Geschwindigkeit vermindert wird, wieder deponiert werden. Auch bei Krümmungen der Gewässer finden sich solche Schuttablagerungen unterhalb der konvexen Uferseite vor. Behufs Regulierung des Gefälles müssen solche Sandbänke beseitigt werden. Bei kleineren Wasserläufen werden die deponierten Ablagerungen auf eine einfache Weise mittelst Schaufeln gewonnen und durch Schubkarren entfernt. Diese Materialien finden meist eine gute Verwertung; der durch Siebe durchgeworfene *Sand* ist wegen seiner Reinheit ein geschätztes Verbindungsmaterial; der Kies und der Schotter werden im Straßenbau verwendet.

Bei größeren Flüssen beseitigt man die deponierten Gesteinsmassen größtensteils von einem Schiffe aus mit sogenannten *Baggermaschinen*, durch welche das Gerölle mittels eiserner Kübel geschöpft, auf das Verdeck des Schiffes gehoben und daselbst entleert wird.

Der Zweck der Baggerung der Flüsse besteht meist in der Beschaffung einer genügenden Wassertiefe für die Schiffahrt.

c) Sicherung und Regulierung der Uferböschungen.

68. Erreicht die Geschwindigkeit des Wassers jene Höhe, bei welcher sie den Bestand der Ufer gefährdet, so müssen die Uferböschungen eine der Stärke des Angriffs entsprechende Befestigung erhalten oder die Gefällsverhältnisse reguliert werden. Die einfachste Sicherung der Ufer besteht in der Flachlegung derselben (Abb. 84). Das Wasser gleitet sodann entlang einer größeren Reibungsfläche, wodurch sich seine Geschwindigkeit vermindert. Man gibt dem Ufer eine einundeinhalb- oder zweifüßige Böschung; es empfiehlt sich jedoch oft, dasselbe noch flacher herzustellen. Je flacher das Ufer ist, desto leichter kann es als Wiese kultiviert werden; solche Flächen werden bei höheren Wasserständen durch die im Wasser mitgeführten Stoffe gedüngt und liefern daher bei vorhandener

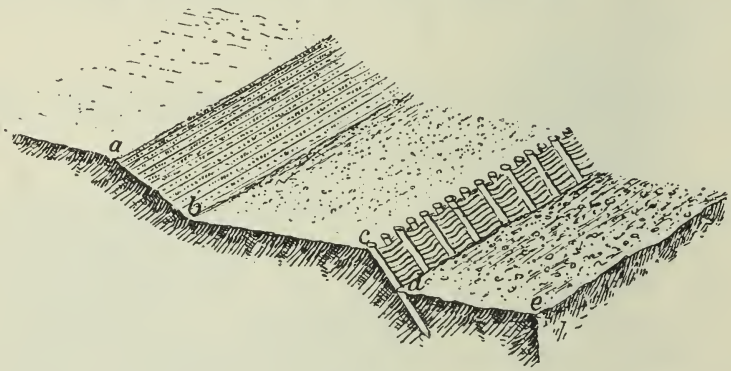

Abb. 84.

Feuchtigkeit gute Erträge. Sie empfehlen sich besonders bei ruhigen, geradlinigen Gewässern.

Eine größere Festigkeit als durch Flachlegung erzielt man durch Anwendung von Rasenziegeln. Verkleidet man geebnete Uferflächen mit Rasen, der mit Pflöcken in den Untergrund befestigt wird, so ist in kurzer Zeit eine dichte, widerstandsfähige Grasnarbe gebildet. Besonders widerstandsfähig ist die Sicherung der Ufer mit Kopfrasen, wie z. B. der Oberteil der Abb. 85, der demgemäß auch wesentlich steiler gehalten werden kann.

Häufig verwendet man zur Ufersicherung rasch wachsende Bäume und Sträucher, deren Wurzeln das Erdreich zusammenhalten. Besonders geeignet ist hierzu die Korbweide, rote Uferweide oder Bachweide, die überdies eine vielfache Verwertung findet. Man steckt die Stecklinge zeitig im Frühjahre, entweder direkt in den Boden, wenn er genügend feucht und weich ist, oder bohrt mit Eisen Löcher von einer der Dicke der Stecklinge, ca. 2 cm, entsprechenden Weite.

Meist setzt man die Ruten in Diagonalreihen, 0·3 m voneinander entfernt; doch ist auch die Anordnung der Nester üblich, nach welchen dieselben im Umfange eines Kreises von 1 m Durchmesser gesetzt werden. Diese Nester bilden im Ufer ebenfalls Diagonalreihen, von Nest zu Nest ca. 3 m.

Sollen aus irgendwelchen Gründen die Böschungen eine steilere Lage erhalten, so benutzt man Geflechte, Faschinen, Steinschüttungen, Pflasterungen, Mauern oder Holzwände.

Abb. 85 zeigt eine Uferdeckung mit Flechtwerk. Es werden in Entfernungen von etwa 0·5 m Weidenpfähle in etwas geneigter Lage eingetrieben und mit Weidenruten durchflochten. Die Pfähle wachsen aus, wodurch das Geflecht wesentlich an Festigkeit

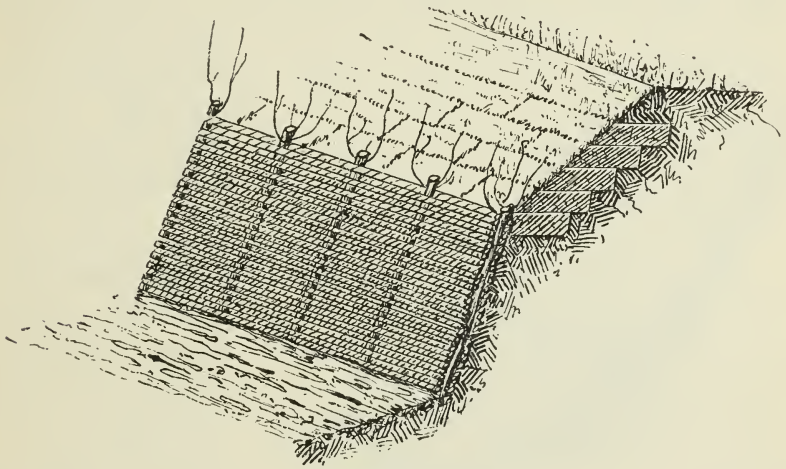

Abb. 85.

gewinnt. Der obere flachere Teil der Uferböschung erscheint nach der Abbildung mit Kopfrasen verkleidet.

Faschinen. Die im Wasserbau verwendeten Faschinen sind zylindrische Körper, deren äußere Hülle aus einem Reisigmateriale, das Innere aber aus Kies, Schotter, grobem Sand usw. besteht. Man stellt die Faschinen auf der sogenannten Faschinenbank her. Es sind dies kreuzweise gestellte Hölzer, auf denen das Reisig ausgebreitet wird. Auf dieses kommt eine Lage von Steinen, die endlich mit Reisig überdeckt wird. Die rundherum eingehüllten Steine bindet man mit zähen, aus einem biegsamen Materiale hergestellten Bändern, z. B. Haselnuß, Esche, Eiche, Birke usw. Man schnürt die Faschine knapp neben der Bindestelle mit einer Kette, durch deren Endringe ein Hebel durchgesteckt wird, um eine tiefe Einschnürung zu erhalten. Das Binden findet in Entfernungen von 0·3 zu 0·3 m statt, und zwar von der Mitte angefangen gegen die beiderseitigen

spitz zulaufenden Enden zu. Während der Einschnürung muß die Faschine an der Bindestelle mit hölzernen Knütteln bearbeitet werden, um eine gute Pressung zu erzielen. Die fertige Faschine rollt man von der Faschinenbank direkt über die Uferböschung ab.

Die Ufersicherung durch Faschinen wird dort in Anwendung gebracht, wo größere Auskolkungen im Unterwasser vorkommen, besonders wenn keine größeren Steine vorhanden sind, welche der Strömung genügend Widerstand leisten würden. Die Faschinen auch oberhalb des Kleinwassers zu verwenden, ist mit Rücksicht auf die baldige Zerstörung der Umschließung nicht ratsam; dieser Teil wird mit einem an die Faschinen anschließenden Pflaster versehen werden müssen.

Eine Uferdeckung mittelst Steinschüttung und Abpflasterung zeigt Abb. 86. Der der stärkeren Strömung ausgesetzte untere Teil besteht aus größeren, möglichst schweren Steinen, die auf der Oberfläche pflasterartig geschichtet sind. Der obere Teil der Uferböschung ist mit Steinen, der oberste mit Flachrasen gepflastert.

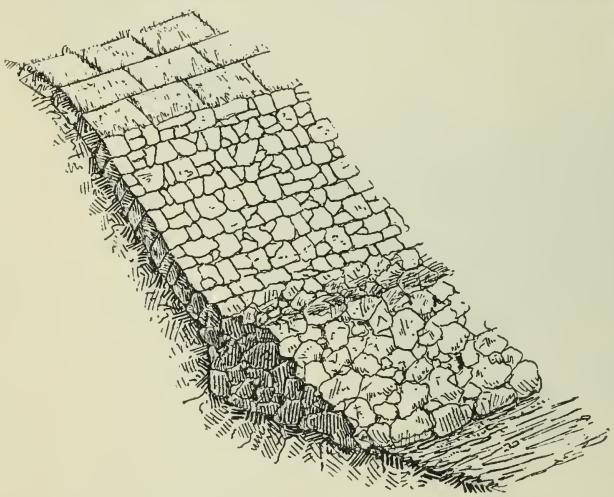

Abb. 86.

Sicherung der Ufer durch Holzwände. Von den mannigfachen, der Stärke des Erddruckes und dem Wasseranprall entsprechend konstruierten hölzernen Wänden seien hier die in Abb. 23 und 24 dargestellten angeführt. Die Abbildungen bedürfen keiner näheren Erklärung. Nebst diesen Holzwänden können auch die bei den offenen Kanälen erwähnten hölzernen Uferverkleidungen Verwendung finden.

Bei Flußregulierungen werden dem Wasser oft neue Bette vorgeschrieben durch die Aufführung größerer Bauwerke, Buhnen, Parallelwerke und Steckenfächer. Eine detaillierte Beschreibung findet man in größeren Fachwerken, z. B. Dr. E. Perels, Wasserbau; hier möge folgendes Erwähnung finden.

Die Buhnen sind feste, meist aus Kies usw. hergestellte und mit guter und starker Steinverkleidung versehene Dämme, welche vom Ufer gegen den Stromstrich zu gerichtet sind und etwas abfallen. Um diese kostspieligen Bauten nicht zu nahe aneinander anbringen

zu müssen, ordnet man zwischen denselben sogenannte Schlickzäune an; es sind das festgerammte Flechtwerke, welche die Geschwindigkeit des Wassers vermindern und die Sinkstoffe zurückhalten. Man unterscheidet deklinante und inklinante Buhnen, je nachdem sie stromab- oder aufwärts gerichtet sind.

Die Parallelwerke. Der Zweck, die Verlandung eines Teiles des Flußbettes herbeizuführen, wird meist besser durch Parallelwerke als durch Buhnen erreicht, bei denen infolge der Änderung des Flußbettes und damit des Stromstrichs mitunter Unterwaschungen eintreten. Parallelwerke sind Steindämme oder Holzwände, die den Teil des Flußbettes, der zur Verlandung gebracht werden soll, teilweise absperren. Sie bilden keine geschlossene Linie, damit das Wasser hinein- und herausdringen kann. Die Geschwindigkeit im abgesperrten Raume vermindert sich, und es findet nach Maßgabe der Menge der vom Wasser mitgeführten Bestandteile eine Erhöhung der Sohle statt, bis die Höhe des Parallelwerks erreicht wird. Das Bett des Gewässers ist sodann durch die Linie des Parallelwerks begrenzt; es erscheint reguliert. Im neu gebildeten eingeengten Bette wird dadurch die Geschwindigkeit vergrößert; die Strömung kann daher etwaige Sandbänke beseitigen.

Die einfachsten Parallelwerke sind die sogenannten Steckenfächer. Sie bestehen aus einer einfachen oder doppelten Reihe von Pfählen, welche parallel zum Ufer festgerammt, an den Köpfen durch Holme verbunden und mit Ruten durchflochten sind. Zur Erhöhung der Widerstandskraft verstrebt man die Holme gegen das Ufer. Bei den doppelten Steckenfächern wird der Zwischenraum mit Steinen oder Packwerk ausgefüllt. Die einfachen Steckenfächer eignen sich bei Regulierungsarbeiten an Bächen, während die doppelten auch bei größeren Gewässern Verwendung finden können. Letzteren kann eine erhöhte Festigkeit durch eine Steinschüttung an der äußeren, eventuell auch an der Uferseite verliehen werden.

Die kostspieligsten Parallelwerke sind Steindämme, deren Konstruktion im übrigen jener der Buhnen gleicht; die Krone derselben ist jedoch parallel zum Wasserspiegel. Sie werden meist nur bei umfangreichen Flußkorrektionen angewendet.

69. Die Durchstiche. Bildet ein Wasserlauf gekrümmte Linien, so ist das konkave Ufer infolge der Trägheit des fließenden Wassers dem Angriffe desselben ausgesetzt, während unterhalb der konvexen Seite Landablagerungen stattfinden. Die Folge davon ist eine weitere Umformung der Uferlinien.

Die durch Serpentinen herbeigeführte Verminderung der Abflußgeschwindigkeit veranlaßt leicht eine Versumpfung des anliegenden Geländes, bei starkem Wasserzuflusse eine Überschwemmung. Zur

Behebung dieser Übelstände wird oft eine Geradlegung des Wasserlaufes angezeigt sein. Die Widerstandskraft der Ufer wird dadurch erhöht, der Wasserspiegel erniedrigt, die Abflußgeschwindigkeit vergrößert. Man gewinnt auch durch Verringerung des Profils an ertragfähigem Boden. Die Durchführung der Durchstiche findet in gleicher Weise statt, wie dies bei Besprechung der Wegeinschnitte gezeigt wurde. Man steckt die Achse der Umlegung aus, nimmt das Längenprofil, wenn erforderlich auch die Querprofile auf, trägt in letztere die Kunstprofile ein und berechnet die Abgrabkubaturen. Abb. 87, 88 und 89 zeigen die technische Durchführung einer Geradlegung. Aus dem Längenprofil Abb. 88 entnimmt man die Abgrabtiefen für die Kunstprofile der Abb. 89 und überträgt die Böschungskanten in die Situation. Nach den Ausführungen auf S. 11 ist der Vorgang bei der Aufnahme und Planverfassung ohne weitere Erläuterung verständlich.

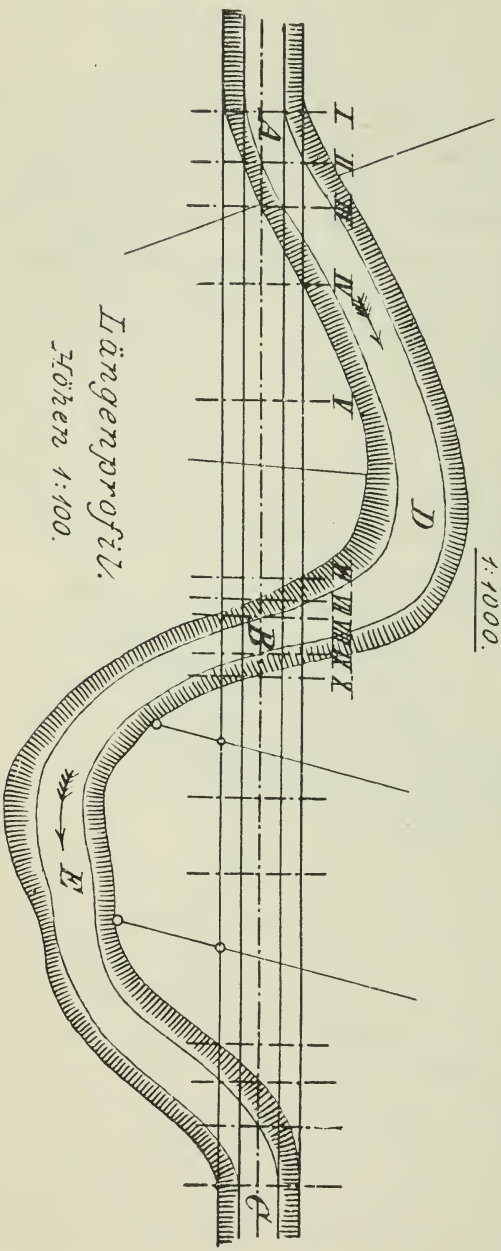

Abb. 87.

Mit der Erdaushebung wird am unteren Ende begonnen; zum Schlusse gräbt man den Schutzdamm durch und sperrt den alten Wasserlauf durch eine Steinschüttung, die sogenannte Kupierung, ab. Das aus der Abgrabung gewonnene Material wird entlang der Ser-

pentine deponiert, um sodann zur Ausfüllung derselben verwendet zu werden. Die Gestalt und Größe des Profils bestimmt man nach den auf S. 114 entwickelten Regeln. Die Art der Ufersicherung wurde bereits (S. 92) besprochen.

Eine Geradlegung der Wasserläufe ist nicht in allen Fällen empfehlenswert, besonders wenn in ein Gewässer von gleichmäßigem relativen Gefälle ein Teil eingeschaltet wird, dessen Gefälle vergrößert wurde. Trifft das durch die Geradlegung rascher zuströmende Hochwasser im Unterlaufe auf eingeengte Profile bei geringerem Gefälle, so können obige Flußkorrektionen Rückstaue und Überschwemmungen zur Folge haben. Es ist demnach notwendig, die etwaigen Nachteile, die aus der Geradlegung erwachsen, zu erheben und die Gefällsregulierung, sowie Änderungen im Profil und Uferversicherungen eventuell auch auf den Ober- und Unterlauf zu erstrecken.

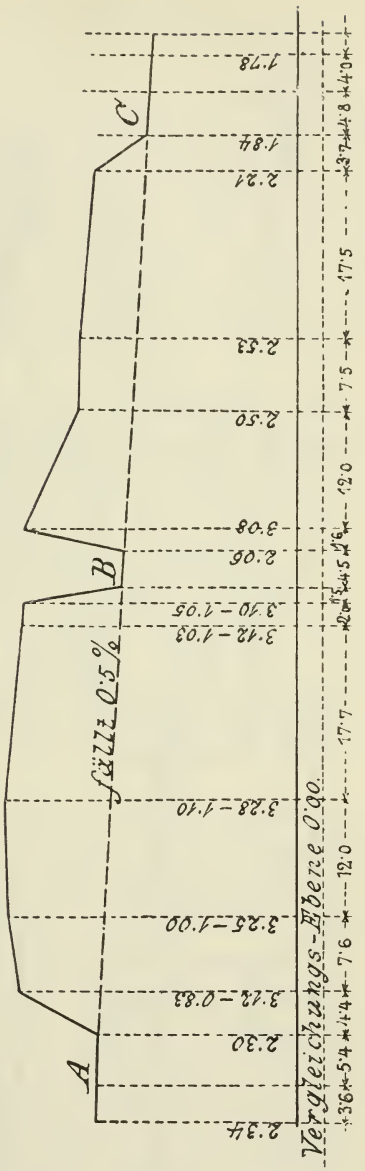

Abb. 88.

Die Eindämmung der Wasserläufe.

70. Bei niedrigen Ufern eines Gewässers besteht für die angrenzenden niedrig gelegenen Grundstücke die Gefahr, daß das Wasser aus den Ufern tritt und das flache Land überschwemmt und versandet. Zum Schutze gegen solche die Landwirtschaft schädigende Überschwemmungen werden die Ufer künstlich erhöht; man dämmt die Gewässer ein.

Das so gebildete neue Ufer muß derart beschaffen sein, daß es nicht nur einen genügend festen undurchdringlichen Körper bildet, sondern auch für das Bett des Gewässers jenes Querprofil schafft, welches den Hochwasserfluten einen freien Ablauf ermöglicht. Infolge dieses Umstandes ist man an manchen Stellen genötigt, den

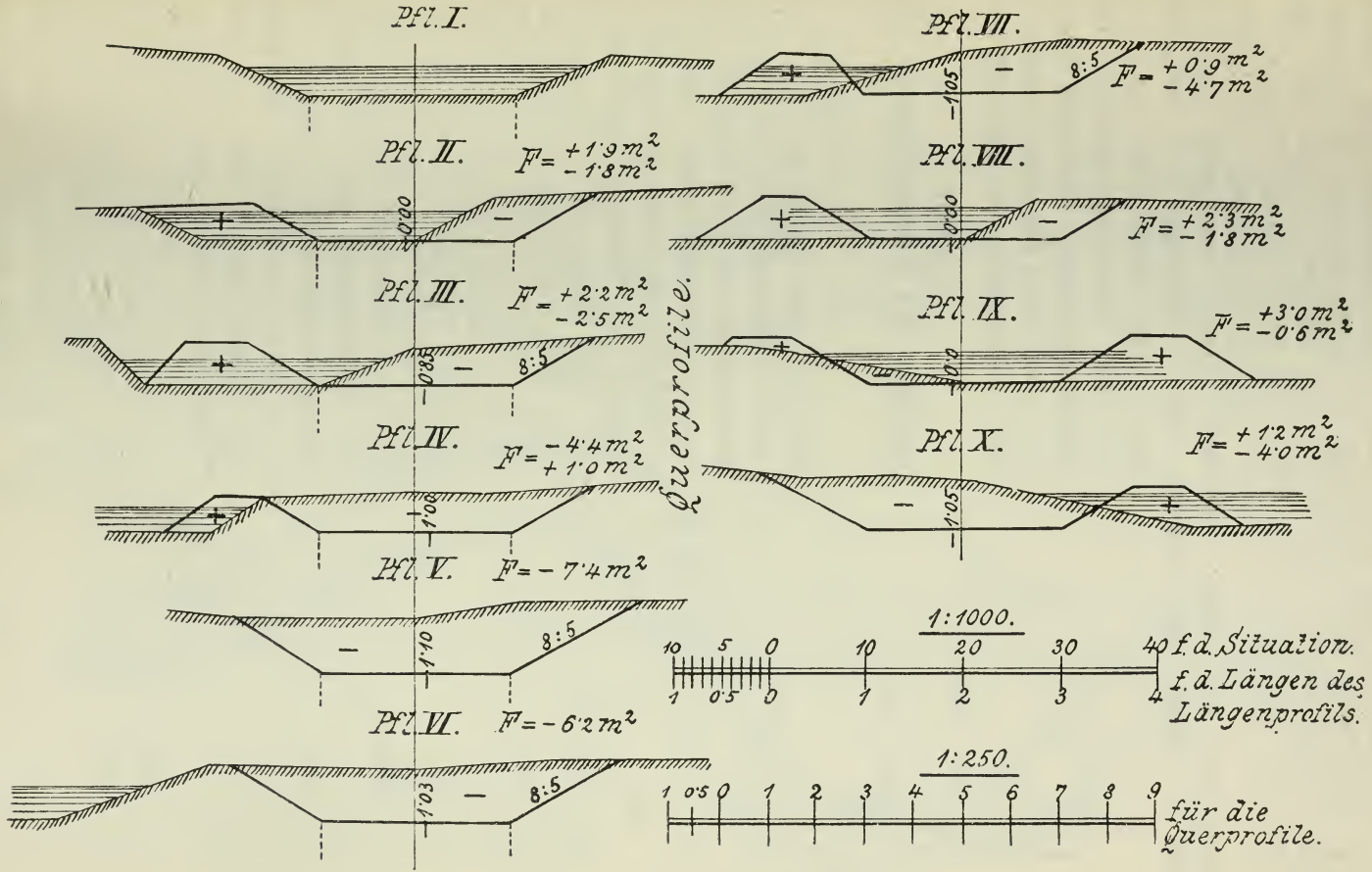
Pfl. I.
Pfl. II.
F = + 1·9 m²
− 1·8 m²
Pfl. III.
F = + 2·2 m²
− 2·5 m²
Pfl. IV.
F = − 4·4 m²
+ 1·0 m²
Pfl. V.
F = − 7·4 m²
Pfl. VI.
F = − 6·2 m²
Querprofile.
Pfl. VII.
F = + 0·9 m²
− 4·7 m²
Pfl. VIII.
F = + 2·3 m²
− 1·8 m²
Pfl. IX.
F = + 3·0 m²
− 0·6 m²
Pfl. X.
F = + 1·2 m²
− 4·0 m²
8:5
1:1000.
f. d. Situation.
f. d. Längen des Längenprofils.
1:250.
für die Querprofile.

Abb. 89.

Damm von den bestehenden Ufern selbst zurückzusetzen, um für den Wasserspiegel des Hochwassers eine größere Breiteausdehnung zu erlangen.

Der Projektierung eines Dammes müssen demnach Erhebungen vorangehen, welche sich auf die vorbeizuführenden Wassermengen beziehen, damit jenes Profil festgestellt werden kann, welches das Hochwasser mit Rücksicht auf das vorhandene Gefälle erfordert. Der Schutzdamm erhält stets eine größere Höhe als jene des ermittelten Durchlaßprofils, damit bei eventuellem, nicht vorhergesehenem Rückstau die Dammkrone nicht überspült wird. Er schließt mit seinen Enden an entsprechend hohe Punkte an, damit eine Umgehung desselben nicht möglich ist.

Die Richtung des Dammes ist größtenteils durch jene des Wasserlaufs gegeben, doch folgt derselbe nur den Hauptzügen des Gewässers. Aus einer Richtung übergeht man in eine andere in sanftem Bogen; es wird dadurch auch das Wasser aus der früheren in die neue Richtung allmählich überführt, ohne die Dammböschung wesentlich anzugreifen. Es empfiehlt sich, den Damm möglichst geradlinig anzulegen, dann sind die Dammböschungen dem Anprall des Wassers am wenigsten ausgesetzt. Wohl wird dadurch mitunter ein Teil des produktiven Bodens dem Wasser preisgegeben, dafür wird durch solche erweiterte Becken die Geschwindigkeit des Wassers und damit auch die Gefahr einer Beschädigung oder Überflutung der Dämme vermindert.

Die Bemessung der Dimensionen eines Dammes geschieht auf Grund der Beurteilung des maximalen Wasserdrucks, der eine Verschiebung, ein Versinken oder eine Durchquellung des Dammes herbeiführen könnte, der Stärke der Strömung, welche im Bedarfsfalle eine Flachlegung der Wasserseite des Dammes (2·5 bis 4 fach) notwendig macht, wenn nicht eine anderweitige Ufersicherung, z. B. durch Steine, vorgenommen wurde, des zur Dammherstellung verfügbaren Materials, der eventuellen Schädigung des Dammes durch Tiere, wie Maulwürfe, Ratten, Hamster, und endlich mit Rücksichtnahme auf den Umstand, ob die Dammkrone als Fahrweg zu dienen hat oder nicht. Im ersteren Falle erhält dieselbe die für Fahrwege erforderliche Breite, mindestens 3·0 m. Für kleinere Dämme genügt eine Breite der Dammkrone mit 1·5—2·5 m, die Höhe über dem höchsten Wasserstande mindestens 0·3 m.

Das zur Herstellung eines Dammes verwendete Erdmaterial soll gegen das Wasser möglichst undurchlässig sein. Am besten eignet sich hierzu ein sandiger Tonboden. Nach den Versuchen von Schelten soll der Ton einen Sandgehalt zwischen 15—45 % besitzen. An der Außenseite (Wasserseite) empfiehlt sich bei durch-

lässigem Materiale Tonschlag in einer Schichte von 0·3 m, und zwar mit Sandzusatz bei schwacher, ohne Sandzusatz bei starker Strömung. Eine Art Tonbeton bildet man aus feuchtem Ton mit grobem Kies und Sand. Wichtig ist ein Komprimieren der Masse, zu welchem Zwecke immer sie verwendet wird.

Abb. 90 zeigt das Bild eines Dammes im Querschnitte. m n ist die flache Böschung der Wasserseite, p r s c die Landseite, n p die Dammkrone, r s die Berme. Die Projektierung der einzelnen Dammprofile findet mit Zuhilfenahme des Längenprofils in gleicher Weise statt, wie dies im Kapitel „Aufnahme der Querprofile", S. 15 gezeigt wurde.

Die Landseite projektiert man so steil, als dies das Anschüttungsmaterial zulässt, dagegen wird die Böschung an der Wasserseite flach, zwei- bis dreifüßig gehalten. Nachdem alle Höhen des Dammes dem Längenprofil entnommen werden können, lassen sich

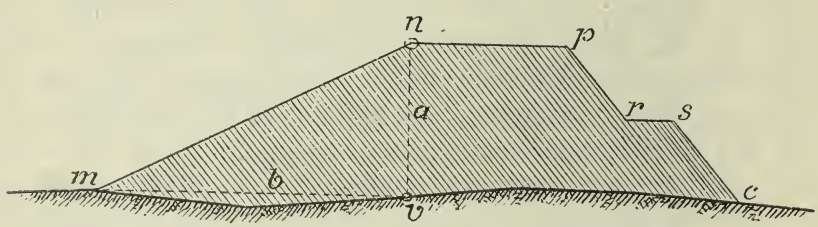

Abb. 90.

über den aufgenommenen und gezeichneten Querprofilen alle Dammprofile auftragen und nach Bestimmung ihrer Flächen und deren Entfernungen die Gesamtkubatur des Dammes berechnen.

Beschaffung des Materials. Da ein weiter Transport die Kosten wesentlich verteuert, empfiehlt es sich, das Material aus nächster Nähe zu entnehmen, wenn dasselbe in bezug auf Festigkeit den Anforderungen entspricht. Am besten eignet sich sandiger Tonboden, der in einzelnen Schichten aufzutragen und zu stampfen ist. Findet die Zufuhr durch Fuhrwerke statt, so soll das bereits aufgeführte Material als Weg benutzt werden, damit es zugleich festgefahren und zusammengetreten wird. Die Böschungen erhalten eine Humusdecke und Besamung, um die Rasenbildung zu fördern. Soll die Böschung baldigst einen genügenden Schutz gegen das Hochwasser bieten, belegt man sie mit Flachrasen; an Stellen, die einem starken Angriffe durch das Wasser ausgesetzt sind, kann eine Steinpflasterung angewendet werden.

Wird die Dammkrone zugleich als Fahrweg benutzt, was sich besonders empfiehlt, wenn der Damm an Parzellenköpfe anstößt, so erhält er in entsprechender Zahl flache Rampen als Auffahrten.

Das Hochwasser bringt mitunter für den Bestand des Dammes Gefahren, insbesondere wenn es die Dammkrone überflutet oder ihn durchbricht. Es findet daher bei größeren Flüssen eine Überwachung des Deiches statt, damit im Bedarfsfalle zur Deichverteidigung geschritten werden kann. Gegen die Überflutung sichert man sich am raschesten durch das Aufstellen einer Holzwand, gebildet aus Pfählen und sich jalousienartig übergreifenden Brettern. Besser ist eine solche Doppelwand mit dazwischengestampftem Strohdünger oder Rasen. Auch Faschinen leisten, mit Pfählen im Damme befestigt, gute Dienste.

Die Überschwemmung der Niederungen hat zwar oft die Landwirtschaft in hohem Maße geschädigt, doch können sie auch sehr wohltätige Wirkungen äußern. Besonders gilt dies bei ausgedehnten Wiesenflächen, die von solchen Hochwässern überflutet werden, die düngstoffreiche Bestandteile führen und absetzen. Der durch eine Überschwemmung geschädigte Ertrag wird reichlich aufgehoben durch die Heuernte der nächsten Jahre. So kann unter Umständen die Herstellung der Deiche zum Schutze gegen Überschwemmungen sich der Landeskultur als nachteilig erweisen.

5. Die Stauanlagen.

71. Zweck derselben ist eine Erhöhung des Wasserspiegels durch Herstellung einer entsprechend hohen und festen vertikalen Querwand im Bette eines Gewässers.

Die Stauanlagen finden eine mannigfache Verwendung. In der Landwirtschaft dienen sie zur Regulierung des Wasserzu- und -abflusses bei Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen. Für Triebwerke, Mahl- und Sägemühlen haben sie das Wasser in eine solche Höhe anzustauen, daß das in Seitenkanäle abgeleitete Wasser durch seine Menge und vergrößerte Fallgeschwindigkeit als hydraulischer Motor verwertet werden kann. Bei Flußregulierungen dienen die Wehre zur Verminderung der Geschwindigkeit, wie dies an den Talsperren gezeigt wurde. Das Flößen von Holz wird durch Anwendung von Schleusen und Wehren bewerkstelligt, die Schiffahrt benötigt Stauanlagen zur Regulierung des Wasserstandes usw.

Der durch eine Wehre bewirkte Rückstau kann insbesondere bei höherem Wasserstande für die oberhalb derselben gelegenen Grundstücke sowohl, als auch für Triebwerke Nachteile bringen. Zu nassen Grundstücken wird durch Erhöhung des Wasserspiegels die Vorflut genommen. Eine Drainage kann außer Wirksamkeit gesetzt, niedrig gelegene Felder zeitweilig überschwemmt werden. Das Wasser aus dem Unterwerkskanal des nächst höheren Mühlenbesitzers findet nicht

genügenden Abfluß, bei Hochwasser kann sogar eine Unterbrechung des Betriebs herbeigeführt werden. Eine weitere Folge des Rückstaues ist eine Verschlammung des oberen Bachbettes und des Unterwerkskanals.

Es ist daher, um eine eventuelle Kollision verschiedener Rechte zu vermeiden, die Mitwirkung der politischen Behörden bei der Errichtung von Stauanlagen erforderlich. Erworbene Staurechte werden durch Eintragung in sogenannte Wasserrechtsbücher geschützt.

Arten der Wehre. Man unterscheidet:

a) feste Wehre;
b) bewegliche Wehre;
c) Durchlaßwehre.

a) Feste Wehre.

72. Bei den festen Wehren fließt das angestaute Wasser über eine unverückbare wagrechte oder schwach geneigte Oberkante, die Krone der Wehre, ab. Diese Anordnung findet man in solchen Fällen, wenn das Wasser zum Zwecke der Ableitung desselben in einen Seitenkanal angestaut wird. Die Krone der festen Wehre liegt entweder höher oder niedriger als der Unterwasserspiegel; die ersteren nennt man Überfallwehre, die letzteren Grundwehre. Bei den Überfallwehren unterscheidet man den Wehrkörper, die eigentliche, den Stau bewirkende Querwand; das Sturzbett ist jene Fläche, auf die das Wasser beim Überfall über die Krone auffällt; die Widerlager endlich jene Wände, die einen sicheren Anschluß des Wehrkörpers an das Ufer vermitteln. Die Wehre werden entweder senkrecht zu den Ufern oder auch schräge zu ihnen gestellt. Die schräge Lage wird meistens angewendet, wenn das Wasser in einen Werkskanal seitlich abgeleitet werden soll.

Zur Herstellung der festen Wehre werden entweder Holz allein, Holz mit Stein oder Steine verwendet. Das beste und widerstandsfähigste Material ist Stein, besonders in großen Stücken. Die Widerstandskraft wächst mit der dritten Potenz seines Durchmessers.

α) Überfallswehre von Holz.

73. Holzwehre mit senkrechtem Überfalle. Eine einfache Konstruktion zeigt Abb. 91. Sie besteht aus einer Spundwand. Zwei Holme bilden die Wehrkrone. Gegen die Unterspülung ist diese durch eine beiderseitige Steinschüttung geschützt. Diese Anordnung ist, besonders bei stärkerem Wasserdrucke, mehr oder minder durchlässig. Sie empfiehlt sich daher nur für Grundwehre oder solche von geringerer Höhe.

Zweckmäßiger ist die Anordnung nach Abb. 92. Auch diese ist aus einer Spundwand gebildet; eine zweite Spundwand schützt das hier angebrachte Sturzbett gegen Unterspülung. Das Sturzbett ist mit einem Pfostenbelag versehen. Vorne befindet sich ein Steinwurf. Beide Konstruktionen haben den Nachteil, daß der

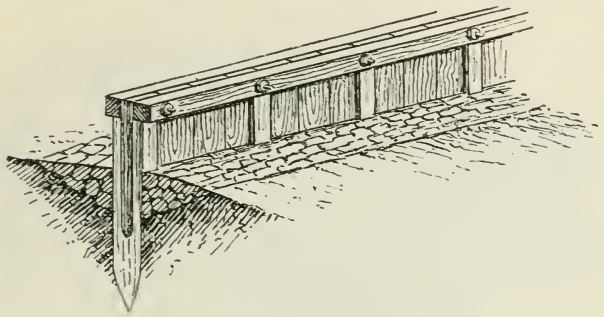

Abb. 91.

über dem Sturzbett gelegene Teil der Wehre abwechselnd feucht und trocken ist und daher eine geringere Dauer besitzt.

Die Konstruktion nach Abb. 93, bei welcher das Sturzbett und der Schweller, auf welchem die Wehrwand aufruht, beständig vom Wasser bedeckt sind, hat den Vorteil, daß der der Zerstörung durch Fäulnis ausgesetzte obere Teil der Wehre ausgewechselt werden

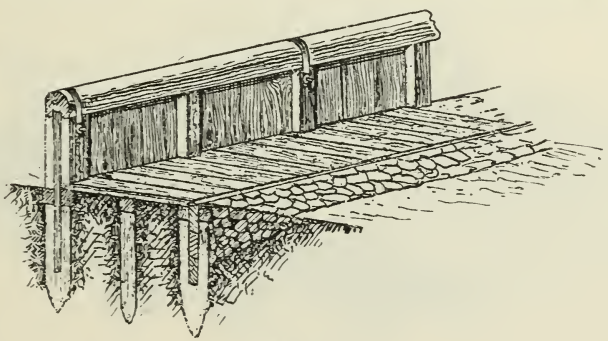

Abb. 92.

kann. Die Konstruktion der Fundierung zeigt die Abbildung. Die auswechselbare Teil ist gebildet aus dem Schweller, auf diesem stehen in Entfernungen von 3—4 m Säulen, welche den Holm tragen. Zwischen dem Holm und dem Schweller befindet sich eine aus gefalzten Bohlen bestehende Wand, die durch beide wagrechten Hölzer, in die sie eingelassen ist, festgehalten wird. Der Holm wird überdies durch Streben gestützt; die Vereinigung beider vermitteln eiserne Bänder.

Die Wehre nach Abb. 94 besteht aus einer Blockwand, die durch zwei Pfahlreihen festgehalten wird. Der Fuß der Wehre ist durch eine Pilotenreihe oder durch eine Spundwand geschützt. Der Druck der vorderen Wehrwand wird durch Zangenhölzer auf die Pilotenreihe übertragen.

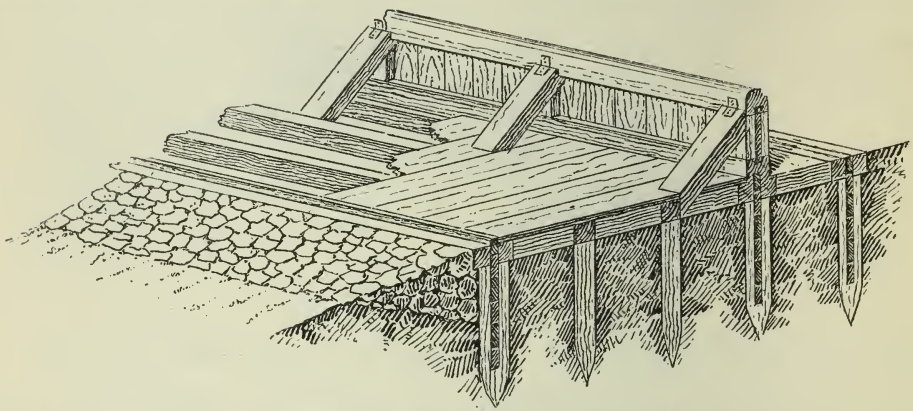

Abb. 93.

Die bisher besprochenen hölzernen Überfallwehren genügen im Maximum für Höhen von 1·5 m. Für diese Höhe jedoch auch nur dann, wenn der Baugrund gut und die überstürzenden Wassermengen nicht zu bedeutend sind.

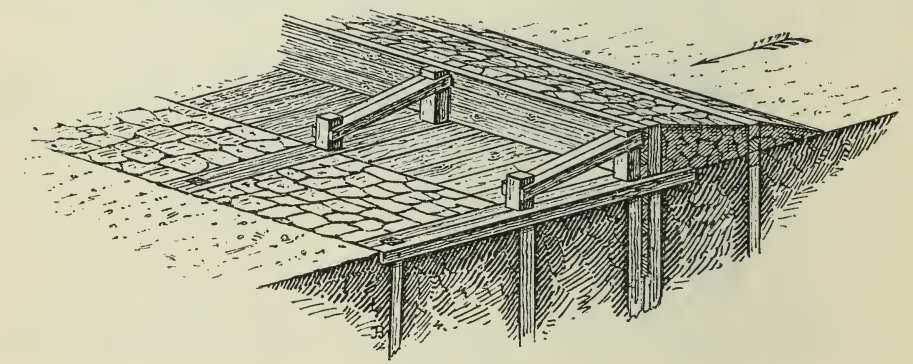

Abb. 94.

Abb. 95. zeigt eine Wehre aus Holz mit Lehmverschlag. Solche Wehren sind bedeutend dichter und infolge ihrer Masse widerstandsfähiger als Pfosten- oder Spundwände. Der Lehm wird zwischen zwei durch Säulen festgehaltenen Bohlenwänden gut gestampft. Überdies bringt man Streben unter 45° an, welche dem Wasserdruck entgegenwirken.

Die abgebildete Konstruktion zeigt die Anordnung bei felsigem

Untergrund. Die vertikalen Balken sind in Entfernungen von 2 zu 2 m in den Felsen versenkt und eingekeilt. Die Kopfenden sind durch Zangenhölzer vereinigt. Die vordere und rückwärtige Wehrwand ist durch Querbalken, die mit den Zangenhölzern schwalbenschwanzförmig überblattet sind, verbunden. Ist der Felsen auf der

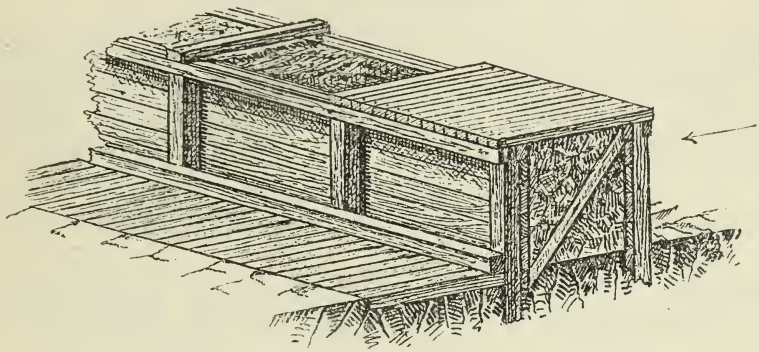

Abb. 95.

Oberfläche nicht genügend fest, so kann das Sturzbett aus einer Balkenreihe konstruiert werden. Diese ist an der Wehrseite durch einen Saumschweller niedergehalten, am anderen Ende durch eine Eisenschiene, die im Untergrund mittelst eiserner Bolzen verankert ist, befestigt, und ist so das Sturzbett mit dem Untergrund vereinigt.

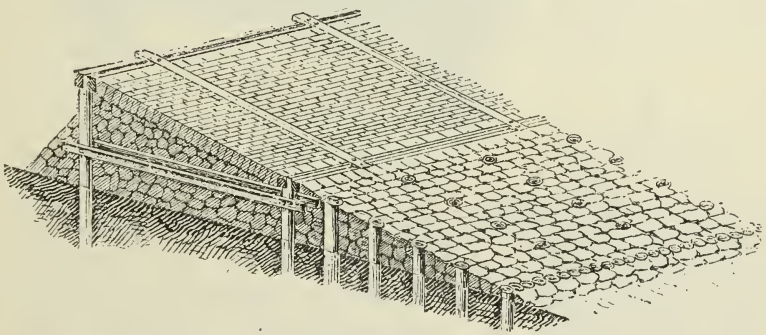

Abb. 96.

Die obenerwähnten Streben können erspart werden, wenn man statt des Lehmverschlags Steine verwendet. Die Fugen füllt man mit Kies aus. Das Gewicht einer solchen Wehre, daher auch deren Festigkeit und Widerstand ist bedeutend. Wenn sie auch im Anfang nicht vollkommen undurchlässig ist, so wird sie durch den vom Hochwasser mitgeführten Schlamm allmählich verdichtet und dadurch undurchlässiger gemacht.

74. Wehre mit schrägem Überfalle. Abb. 96. Diese

Konstruktion wird bei weichen Bodenarten angewendet. Die Hauptmasse der Wehre besteht aus einer Steinschüttung oder besser aus Trockenmauerwerk. Die Oberfläche muß aus einem sorgfältig hergestellten Trockenpflaster gebildet werden.

β) Wehre von Stein.

75. In felsigem Grunde kann die Wehre aus einer einfachen Mauer bestehen, die jedoch mit den Fundamenten im Untergrunde versenkt sein muß. Die der Strömung unmittelbar ausgesetzten Teile bildet man aus Quadern, zum inneren Wehrkörper benutzt man Bruchsteine. Das Mauerwerk wird in hydraulischem Mörtel herzustellen sein; für das Fundament bildet Beton die sicherste Unterlage.

Die Abb. 97 zeigt eine aus Quadern hergestellte Wehre mit senkrechtem Überfalle. Dieselbe ist gegen die Unter-

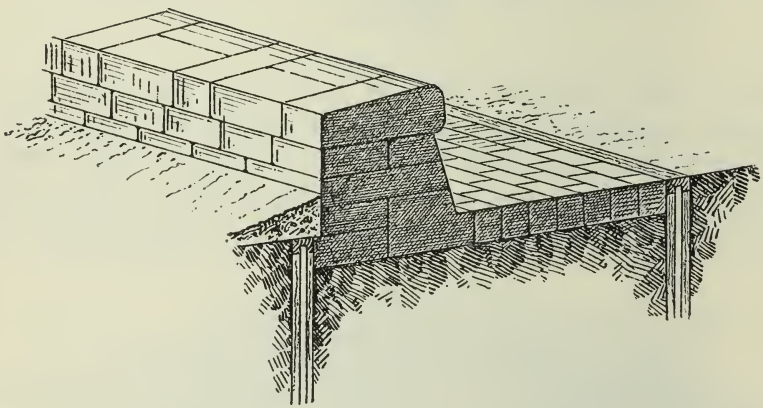

Abb. 97.

spülung durch zwei Spundwände gesichert. Die Gesamthöhe beträgt einschließlich des Fundaments ca. 3 m. Konstruktionen dieser Art zeichnen sich durch eine besondere Solidität und Widerstandskraft aus, sind aber in den meisten Fällen zu kostspielig und können demnach nur bei Wehren, deren Abmessungen beschränkt sind, Verwendung finden.

b) Die Schleusen.

76. Die Schleusen oder bewegliche Wehre bestehen entweder aus aufziehbaren Tafeln von Holz oder Eisen, die abgelassen einen Stau bewirken, aufgezogen jedoch das Abfließen des Wassers unter der Tafel (Schütze) ermöglichen, oder Dammbalkenwehre, bestehend aus abnehmbaren Balken behufs all-

mählicher Senkung des Wassers von der Oberfläche aus, ferner Klappenwehre, bei denen der Stau durch Schützen, die um eine wagrechte Achse drehbar sind, vorgenommen wird.

Die Schleusen haben für den Landwirt eine höhere Bedeutung als die festen Wehre; sie werden überall dort angewendet, wo eine Regulierung oder Verteilung des Wassers in Gräben, die sich verschiedenartig verzweigen, vorzunehmen ist, hauptsächlich daher bei allen Bewässerungsanlagen und Kanalisierungen.

Je nach dem Zwecke, dem die Schleusen dienen, unterscheidet man:

α) Stauschleusen, die den Wasserspiegel so weit anstauen, daß das Wasser eines Kanals in einen Seitengraben geleitet werden kann, dessen Sohle höher gelegen ist.

β) Einlaßschleusen. Diese haben den Zweck, einen Graben gegen einen Wasserbehälter oder ein Gerinne abzusperren. Durch das Aufziehen der Schütze wird dem Graben Wasser zugeführt.

γ) Kastenschleusen dienen dazu, dem Wasser einen Abfluß durch einen Holzkasten unter einem Damm nach Bedarf zu ermöglichen oder durch Absperrung der Schütze zu verwehren.

δ) Die Siele oder Dammschleusen endlich sind Kanäle mit Schleusen in den Querdämmen größerer Reservoire oder Teiche, durch die der Wasserstand beliebig geregelt, sowie auch ein vollständiges Ablassen der vorhandenen Wassermengen vorgenommen werden kann.

Der erhöhte Wasserdruck, der durch den Rückstau des Wassers an der Schleuse stattfindet, wirkt in der gleichen Weise wie bei Wehren auf die Sohle derselben. Es muß daher, dem Wasserdruck und der Bodenbeschaffenheit entsprechend, eine Sicherung der Sohle gegen Unterwaschung vorgenommen werden. Nur bei kleinen Verteilungsgräben erscheint dies überflüssig. Bei kleinen Schleusen genügt ein in den Boden zu versenkender Schweller, auf diesem ruht die Schütze. Bei größerer Stauhöhe ruht der gesamte Bau, Schütze und Kanal, auf einem Schwellrost, der bei starkem Wasserdrucke auch auf Piloten gelegt wird. Bei gemauerten Widerlagern des Durchlasses kann an Stelle der Roste auch eine Betonierung angeordnet werden.

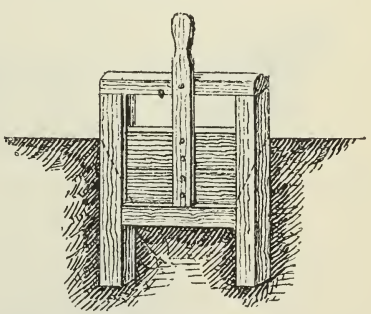

Abb. 98.

Der einfachste Stau wird bei sehr kleinen Gräben meist durch eingelegte Rasenstücke oder dem Grabenprofil angepaßte Brettchen bewirkt. Durch Herausnehmen oder Einsetzen derselben kann die Verbindung hergestellt oder unterbrochen werden.

Sehr einfach ist die Anordnung (Abb. 98) einer Schleuse zum Absperren der Verteilungsgräben gegen den Zuleitungsgraben einer Bewässerungsanlage.

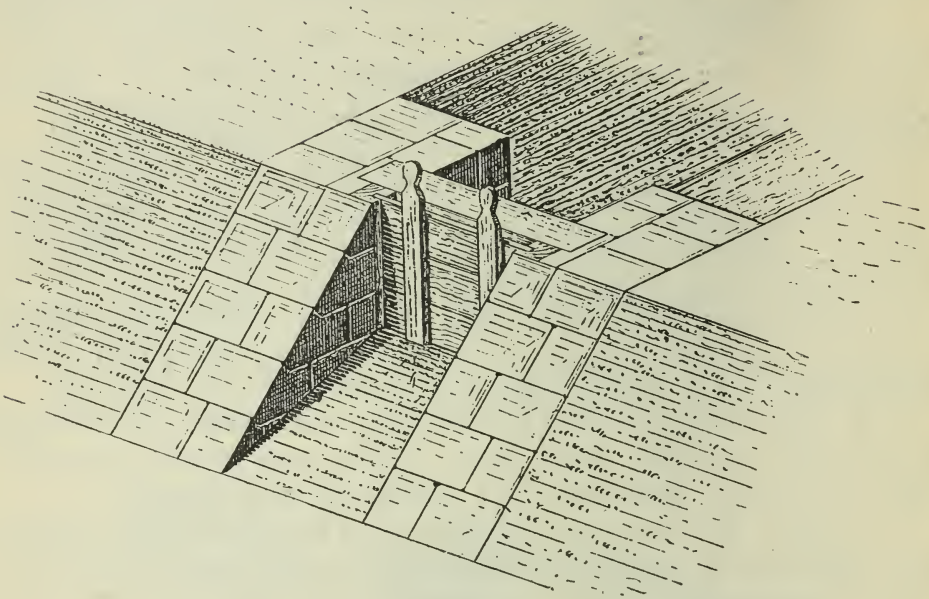

Abb. 99.

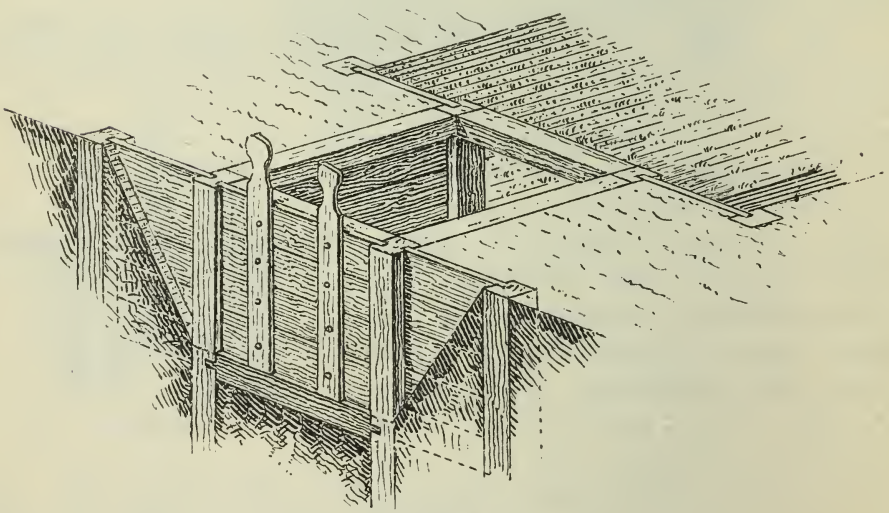

Abb. 100.

Eine kleine gemauerte Einschlußschleuse von 1 m lichter Weite zeigt Abb. 99. Aus dem Zuleitungsgraben gelangt das Wasser in den höher gelegenen Verteilungsgraben nach dem Aufziehen der Schütze mittelst der daran angebrachten Handgriffe.

Die Schütze bewegt sich in den Nuten zweier vertikaler hölzerner Säulen, der Griessäulen, die in den beiderseitigen Widerlagern eingemauert sind. Die Widerlager bilden einen Kanal und verhindern eine Umgehung durch das fließende Wasser.

Das Aufziehen der Schütze findet von einem quer über die Widerleger gelegten Brette, dem Steg, aus statt.

Abb. 100 stellt eine kleine Einlaßschleuse mit hölzernem Durchlasse dar. Der Kanal ist aus zwei 1 m voneinander entfernten Bretterwänden gebildet, die durch vier eingerammte Pfähle festgehalten sind. Zum Schutze gegen den Erddruck sind sie am Kopfende durch eingesetzte kurze Balkenstücke gepölzt. In ähnlicher Weise sind durch Pfähle und Pfosten senkrechte Flügel

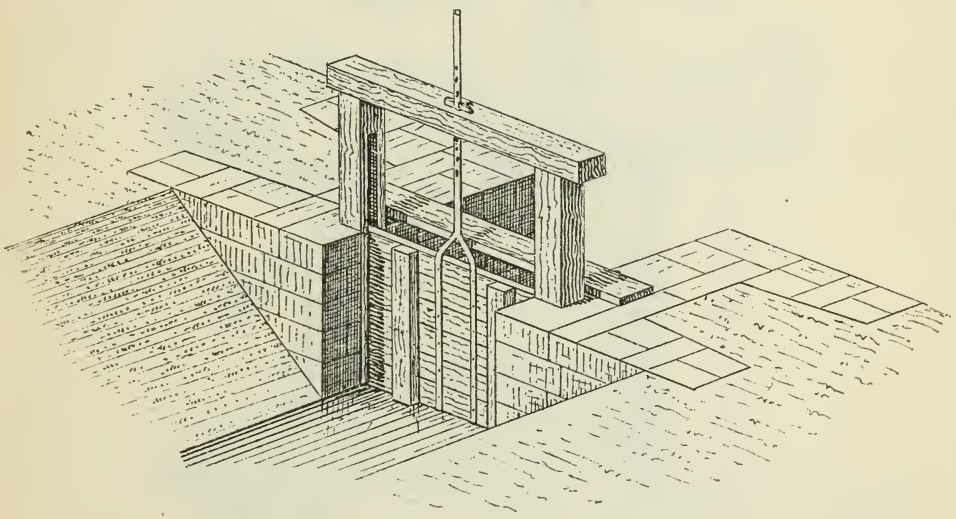

Abb. 101.

angebracht. Der Schütze ruht auf einem Schweller, der kleine Durchlaß ist gedielt.

Für stärkeren Wasserdruck konstruiert ist die Schleuse in Abb. 101. Die Widerlager wie die Flügel sind von Stein, im Bedarfsfalle entsprechend fundiert. Die Griessäulen sind durch einen Holmen verbunden, durch diesen geht die eiserne, mit Löchern versehene Aufzugstange, damit die Schütze in jeder Höhenlage befestigt werden kann.

Beim Ablassen bedeutender Wassermengen pflegt man zweiteilige Schützen nach Abb. 102 anzuwenden. Die Aufzugsvorrichtung für den oberen Teil der Schütze besteht im vorliegenden Falle aus einer Zahnstange, in die ein Zahnrad, das mittelst einer Kurbel gedreht wird, eingreift. Wurde der Wasserspiegel bis

zur Höhe der Oberkante des unteren Teiles der Schütze gesenkt, so kann mittelst der zweiten Aufzugsvorrichtung, nämlich zweier auf eine Trommel sich aufwindender Ketten, auch dieser Teil der Schützen gehoben werden. Die Fundierung besteht, dem hohen Wasserdrucke entsprechend, aus einem Schwellrost mit Spundwänden.

77. Kastenschleusen bezwecken eine Unterleitung von Wasser unter einem Damme. In ihrer einfachsten Einrichtung bestehen sie aus einem entsprechend langen, aus Bohlen hergestellten Kasten,

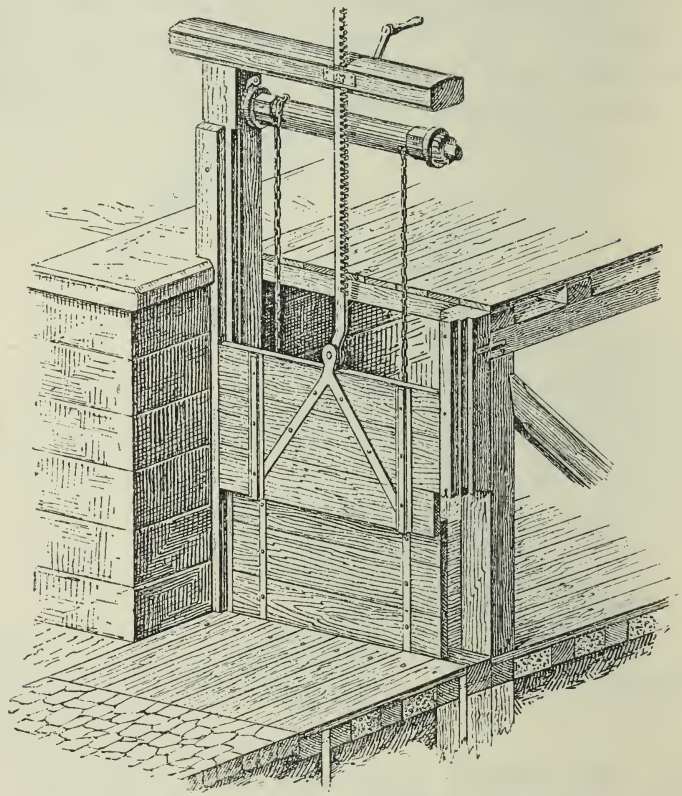

Abb. 102.

dessen Einlaßöffnung durch eine Schütze verschließbar ist. Die Bohlen, aus denen der Kasten zusammengefügt ist, sind gefalzt und werden durch Eisenbänder, bei stärkerem Erddruck durch einen den Kasten umfassenden Holzrahmen zusammengehalten. Die Abb. 103 zeigt den Schnitt durch den Damm und die bloßgelegte Kastenschleuse.

Die in Abb. 20 abgebildete Rohrleitung kann auch zum Ablassen von Wasser aus einem Teiche verwendet werden. An der Teichseite ruht dann das Rohr im Falz einer viereckigen, kreisförmig durchbrochenen Steinplatte, deren Lage durch eine Untermauerung gesichert ist. Eine Spundwand sichert die Anlage er-

forderlichenfalls gegen Unterspülung. Eine in die Steinplatte versenkte Schütze, die durch eiserne Haken in ihrer Lage festgehalten wird, verhindert oder vermittelt — je nach Bedarf — das Einströmen von Wasser durch die Plattenöffnung in die Rohrleitung und im weiteren Verlaufe in den Abzugsgraben.

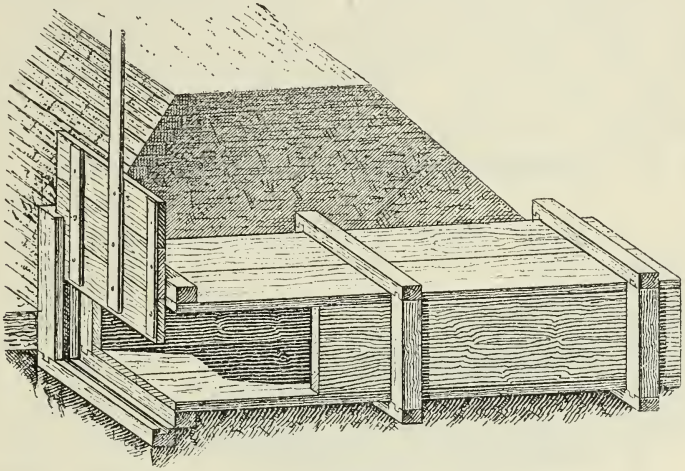

Abb. 103.

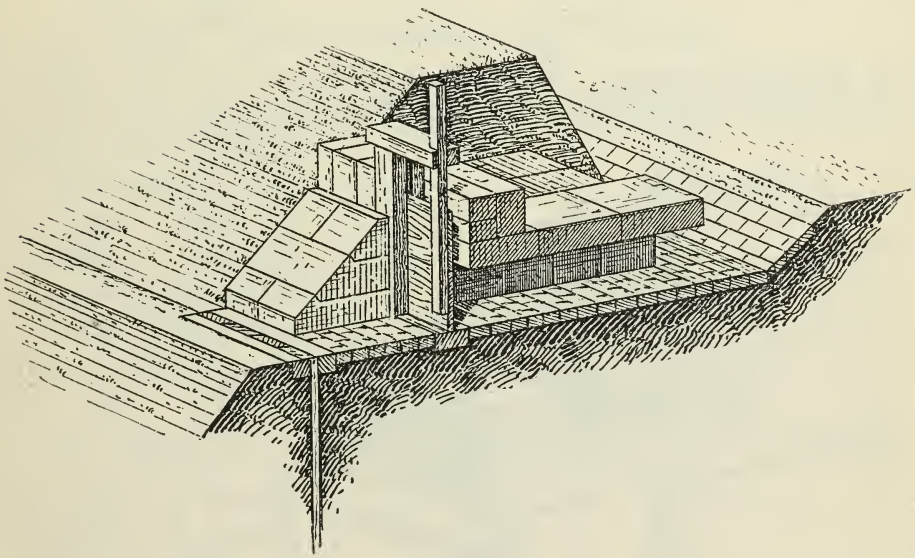

Abb. 104.

Meistens bestehen solche kleineren Wasserabläsfe aus kleinen gemauerten, mit Steinplatten überdeckten Durchlässen, sogenannten Dohlen, deren dem Wasser zugekehrte Öffnung durch eine Schütze verschlossen ist. Ihre Einrichtung zeigt Abb. 104. Die Deckplatten

übergreifen die beiderseitigen Widerlager um 0·15 m. Die Sohle des Kanals erhält ein Bruchsteinpflaster. Die Schütze ruht auf einem Grundschweller, vor ihr ist, wie bei der Rohrleitung, eine aus Bohlen hergestellte Spundwand.

78. Aufzugsvorrichtungen. Einige davon sind bei den früheren Abbildungen angeführt. Die einfachste genügt für leichte Schützen, die ein Mann zu heben vermag. Bei stärkerem Wasserdruck und der dadurch bewirkten größeren Reibung in den Falzen genügt diese Kraft nicht, und man verwendet meist einen Hebel zum Aufziehen der Schütze. Ein Hebel von entsprechender Länge wird an der verlängerten Griessäule drehbar befestigt. Beim Anheben desselben wird die Zugstange und mit dieser die Schütze in die Höhe gebracht, worauf deren Lage durch Einführen eines Querstiftes in das erste oberhalb des Griesholmes sichtbare Loch befestigt wird.

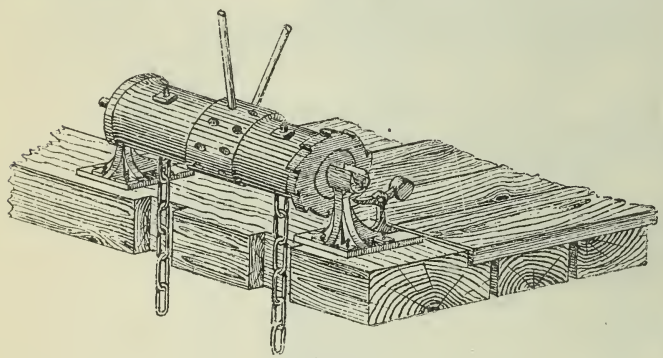

Abb. 105.

Abb. 105 zeigt eine Aufzugsvorrichtung mit hölzerner oder eiserner Walze. Oberhalb des Griesholmes ist diese Walze auf Lagern in eisernen Achsen drehbar befestigt. Die Trommel ist in der Mitte nach dem Umfange durchbohrt. Steckt man in die Löcher entsprechend starke Hebel, so kann mittelst derselben leicht eine Drehung der Trommel und mittelst der an der Trommel angebrachten Ketten ein Aufziehen der Schütze stattfinden. Das Sperrad verhindert die Drehung in entgegengesetzter Richtung und damit ein Zurückfallen der Schütze.

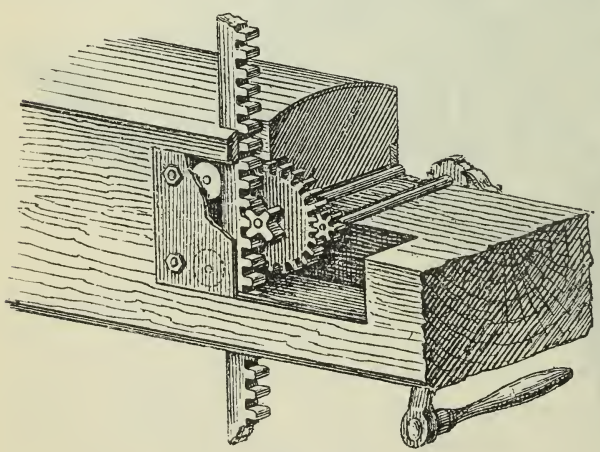

Abb. 106.

An Stelle der Drehung mittelst der erwähnten Hebel kann eine Kurbel angewendet werden, wie dies aus der Abbildung ersichtlich ist.

Endlich zeigt die Abb. 106 die soeben erwähnte Hebevorrichtung wie auch jene mittelst einer Zahnstange. An einer gemeinschaftlichen Achse befindet sich ein größeres und ein kleineres Zahnrad. Das kleinere greift in die Verzahnung der Zahnstange ein; in den Umfang des größeren greift ein drittes Zahnrad ein, das mittelst einer Kurbel gedreht wird. Auch hier ist zur Verhinderung des Zurückgehens der Zahnstange die Anbringung eines Sperrades erforderlich.

6. Künstliche Wasserläufe.

79. Sie haben den Zweck, das Wasser nach einer Stelle zu leiten, wo es als Motor verwendet werden soll, oder sie dienen zur Entwässerung oder Bewässerung der Grundstücke, zur Zufuhr von Trink- oder Nutzwasser oder auch zur Ableitung der Abwässer. Man unterscheidet:

a) offene Gräben und Kanäle,
b) geschlossene Kanäle,
c) Rohrleitungen.

a) Offene Gräben und Kanäle.

80. Sie werden im natürlichen Erdreich ausgehoben und erhalten meist eine gerade Richtung, gleichmäßige Breite und Gefälle.

Die Neigung der Böschungen hängt von der Festigkeit des Erdreichs, in dem sie erstellt werden, sowie vom Gefälle des Grabens ab.

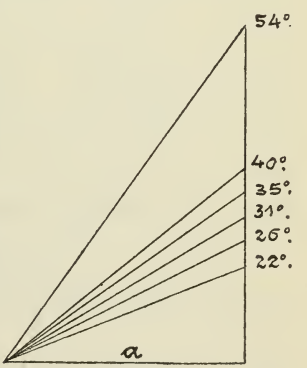

Abb. 107.

Die Wassergeschwindigkeit wird günstig beeinflußt, wenn das benetzte Profil für einen gegebenen Querschnitt möglichst klein ist.

Die geeignetsten Profile sind daher der Halbkreis und das Rechteck. Bei der Trapezform ist das Verhältnis um so ungünstiger, je flacher die Seitenwände gehalten werden müssen. Bei kleinen Gräben, z. B. bei den Rieselrinnen der Hänge und Rücken der Bewässerungsanlagen kann die Rechtecksform beibehalten werden; bei Gräben von größeren Dimensionen wählt man die Trapezform, wenn der Graben keine Uferverkleidung von Holz oder Steinen erhält und erstellt für:

Quellsandböden die Böschungen von	22°	Anlage zur Höhe	a : h = 5 : 2
Nassen Sandboden	„	„	26°	„	„	„	a : h = 5 : 2·5
Trockenen Sandboden	„	„	31°	„	„	„	a : h = 5 : 3
Kies und Gerölle	„	„	35°	„	„	„	a : h = 5 : 3·5
Lehmboden	„	„	40°	„	„	„	a : h = 5 : 4
Sehr dichten Tonboden	„	„	54°	„	„	„	a : h = 5 : 7

Die Abb. 107 zeigt die den vorstehenden Böschungen entsprechende Neigung.

Dabei darf eine gewisse Geschwindigkeit nicht überschritten werden, da das Wasser sonst die Grabenwände angreift. Die zulässige Maximalgeschwindigkeit beträgt:

für schlammige Erde	0·10	m
„ Tonboden	0·20	„
„ Sandboden	0·4—0·8	„
„ Kiesboden	1·0	„
„ Konglomerate	1·5	„
„ geschichteten Felsen	1·8	„
„ harten Felsen	3·1	„

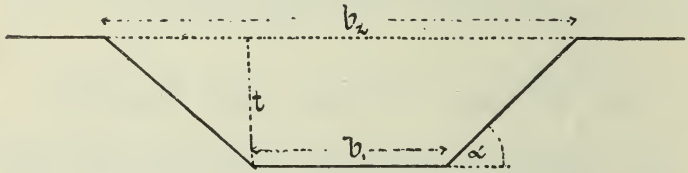

Abb. 108.

Führt das Wasser Sinkstoffe mit sich, wie dies bei Bewässerungsanlagen häufig der Fall ist, so soll man auch unter ein gewisses Minimalgefälle nicht gehen, da sonst eine Verschlammung des Bettes stattfindet. Darüber wurde Ausführlicheres bei den natürlichen Wasserläufen (S. 86) gesagt. Mit Rücksicht auf diese Umstände, sowie die durch den Graben abzuführende Wassermenge kann man die Größe und Gestalt derselben so feststellen, daß der Grabenquerschnitt und daher auch die Menge des auszuhebenden Erdreichs ein Minimum wird.

Bezeichnet man den Wasserquerschnitt eines Grabens (Abb. 108) mit Q, die Wassertiefe mit t, mit b_1 und b_2 die Sohlen- und Wasserspiegelbreite, wenn $\frac{b_2 - b_1}{2} = c$, mit α den Böschungswinkel, so ist:

$$Q = b_1 t + \frac{2 c t}{2} = t (c + b_1) = t (t \operatorname{cotg} \alpha + b_1),$$

und

$$b_1 = \frac{Q}{t} - t \operatorname{cotg} \alpha,$$

$$t = \sqrt{\frac{Q \cdot \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}},$$

$$b_2 = \frac{2\,t}{\sin \alpha}.$$

Beispiele. Ein Graben soll pro Sekunde 2 Kubikmeter Wasser liefern. Welche Dimensionen muß er erhalten? Der Böschungswinkel α betrage 35°.

Die für die vorhandene Bodenbeschaffenheit zulässige Maximalgeschwindigkeit beträgt nach S. 116 0·94 m.

Aus $M = Q \cdot v$ ist

$$Q = \frac{M}{v} = \frac{2}{0{\cdot}94} = 2{\cdot}13 \text{ m}^2.$$

Daraus ist

$$t = \sqrt{\frac{Q \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{2{\cdot}13 \cdot 0{\cdot}5736}{2 - 0{\cdot}8192}} = 1{\cdot}03 \text{ m},$$

$$b_2 = \frac{Q}{t} + t \operatorname{cotg} \alpha = \frac{2{\cdot}13}{1{\cdot}03} + 1{\cdot}03 \cdot 1{\cdot}4281 = 3{\cdot}53 \text{ m},$$

$$b_1 = b_2 - 2\,t \operatorname{cotg} \alpha = 3{\cdot}53 - 2 \cdot 1{\cdot}03 \cdot 1{\cdot}4281 = 0{\cdot}59 \text{ m}.$$

81. Berechnung der Geschwindigkeit. Die ältere bequeme Formel von Eytelwein für die Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Kanälen lautet:

$$v = 50{\cdot}9 \sqrt{R \cdot J}; \quad R = \frac{Q}{p},$$

$$J = \frac{h}{l}.$$

Dabei bedeutet

Q den Wasserquerschnitt,
p den benetzten Umfang,
h das Gefälle auf die Länge l.

Nach Weißbach und Rühlmann ist der Koeffizient c für:

v =	0·1 m	0·2 m	0·3 m	0·4 m	0·5 m	0·75 m
c =	36·4 m	43·4 m	46·7 m	48·8 m	50·1 m	52·1 m

v =	1·0 m	1·25 m	1·5 m	2·0 m
c =	53·2 m	53·8 m	54·3 m	54·9 m

Unter den neueren Formeln empfiehlt sich durch ihre Einfachheit die von Bazin aufgestellte, um so mehr, als bei ihr auch der

Grad der Rauhigkeit des benetzten Umfangs Berücksichtigung findet. Dieselbe lautet:

$$R\,J = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) v^2$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{R\,J}{\alpha + \frac{\beta}{R}}}.$$

Die Werte für α und β sind für verschiedene Kanäle aus der nachstehenden Tabelle zu entnehmen:

Post-Nr.	Gattung des Kanals	α	β
1	Sehr glatte Wände, geglätteter Zement, gehobelte Bretter	0.00015	0·0000045
2	Glatte Wände; Quader, Ziegelmauerwerk, Bretter	0·00019	0·0000133
3	Weniger glatte Wände, Bruchsteinmauern usw.	0·00024	0·0000600
4	Erdwände	0·00028	0·0003500

Z. B. für 0·1 % Gefälle, Grabenbreite $b = 2{\cdot}0$ m, Grabentiefe 0·5 m bei rechteckigem Querschnitte ergibt sich

für Post 1:

$$v = \sqrt{\frac{\frac{1}{3} \cdot 0{\cdot}001}{0{\cdot}00015 + \frac{0{\cdot}0000045}{\frac{1}{3}}}} = 1{\cdot}43 \text{ m},$$

für Post 2:

$$v = \sqrt{\frac{\frac{1}{3} \cdot 0{\cdot}001}{0{\cdot}00019 + \frac{0{\cdot}0000133}{\frac{1}{3}}}} = 1{\cdot}20 \text{ m},$$

für Post 3:

$$v = \sqrt{\frac{\frac{1}{3} \cdot 0{\cdot}001}{0{\cdot}00024 + \frac{0{\cdot}00006}{\frac{1}{3}}}} = 0{\cdot}89 \text{ m},$$

für Post 4, wenn $b_1 = 1{\cdot}0$ m, $b_2 = 3{\cdot}0$ m, $t = 0{\cdot}5$ m ist:

$$v = \sqrt{\frac{\frac{1}{3.25} \cdot 0{\cdot}001}{0{\cdot}00028 + \frac{0{\cdot}00035}{\frac{1}{3{\cdot}25}}}} = 0{\cdot}47 \text{ m}.$$

82. Bei Herstellung künstlicher Wasserläufe im unebenen Gelände, insbesondere bei Werkskanälen, deren Gefälle meist ein geringes ist, kommt es vor, daß der Graben zum Teil oder ganz über das natürliche Gelände angelegt werden muß. Man unter-

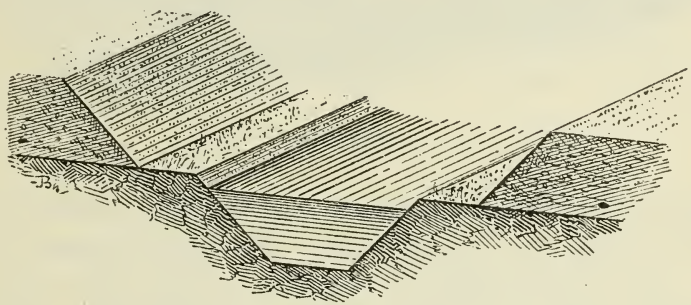

Abb. 109.

scheidet daher ganz- oder halbeingeschnittene und aufgedämmte Gräben, Abb. 109, 110 und 111. Bei der zweiten Gattung der Gräben wird die ausgehobene Erde unmittelbar zu den beiderseitigen Aufdämmungen verwendet. Bei Gräben nach Abb. 109

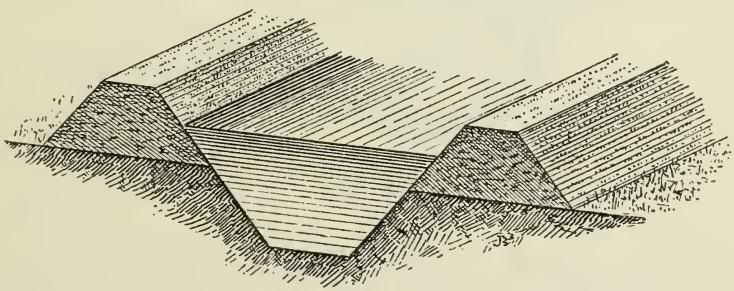

Abb. 110.

wird das gewonnene Erdreich weggeführt; es kann jedoch auch seitlich abgelegt werden. Dies geschieht besonders, wenn zeitweilig ein Anstauen des Wassers zu größerer Höhe gewünscht wird. In der Abb. 109 sind beiderseits Absätze — Bankette, Eskarpen — freigelassen worden. Bei Gräben nach Abb. 111 muß man das zur Aufdämmung nötige Material zuführen oder seitlich ausheben. Zu

letzteren Gräben eignet sich nur ein möglichst bündiges, aus Ton bestehendes Material, da ein frisch angeschüttetes Erdreich stets viel durchlässiger ist als ein natürlich gewachsenes. Daher wird es sich immer empfehlen, die Grabenwände durch gründliches Stampfen zu verdichten. Ist der Boden, in dem ein Graben hergestellt wurde, durchlässig, z. B. Sand oder Kies, so muß eine besondere Dichtung

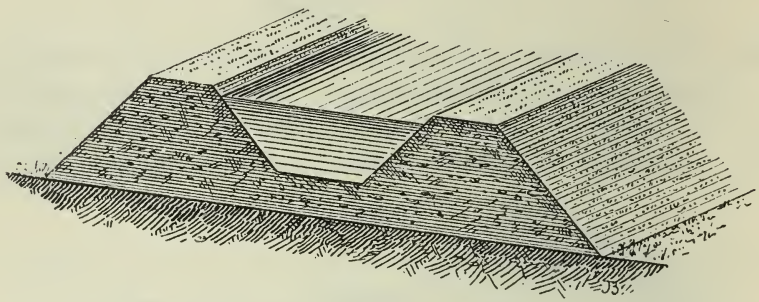

Abb. 111.

des benetzten Profils vorgenommen werden. Bei unbedeutendem Gefälle kann ähnlich wie bei der Kolmation die Dichtung des Untergrundes durch Einleitung von trübem, sinkstoffreichem Wasser, das zum Absetzen gebracht wird, stattfinden. Diese Art Dichtung erfordert ein an Sinkstoffen sehr reiches Wasser, verhältnismäßig viel Zeit und kann überhaupt nur bei solchen Gräben vorgenommen

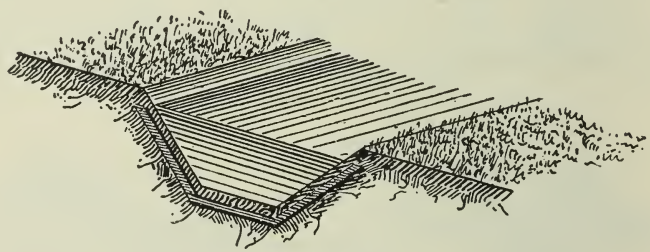

Abb. 112.

werden, die ein geringes Gefälle besitzen. Kostspieliger zwar, aber von wesentlich besserem Erfolge begleitet ist die Verwendung von Tonschlag in einer Stärke von mindestens 8—12 cm. Je weniger Sand der Ton enthält, desto wirksamer ist der Tonschlag, um so schwächer kann auch die Schicht genommen werden.

Es empfiehlt sich, die gestampfte Tonschicht mit Erde sofort zuzudecken (Abb. 112), um die Bildung von Rissen im Ton zu verhindern.

Technische Arbeiten bei der Anlage von Gräben und Kanälen.

83. Die Gefällsverhältnisse und Profilform des Kanals sind durch die lokalen Verhältnisse gegeben. Ist das zulässige Gefälle des Grabens geringer als der Fall des Terrains, so muß der Graben, in ähnlicher Weise wie bei Straßen und Wegen, in Serpentinen geführt werden. Es ist dabei die Aufgabe zu lösen, eine Linie in bestimmtem Gefälle im Terrain abzustecken. Sind die Zwischenpunkte bestimmt, so eignen sich zur Feststellung der Abgrabtiefen in den übrigen Punkten der geradlinigen Grabenachse insbesondere die Pflaster- oder Absehkreuze, drei aus rechtwinklig zueinander befestigten Brettchen von ca. 1·2 m Höhe bestehende, verschiedenartig angestrichene Kreuze (weiß, schwarz, rot). Sind z. B. a und b (Abb. 113) zwei durch

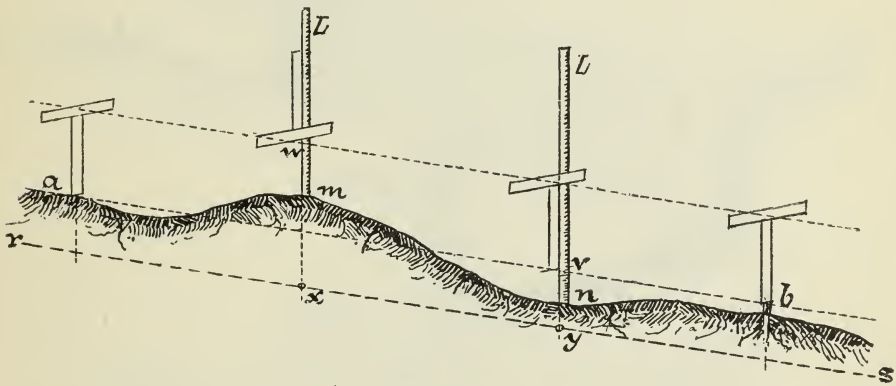

Abb. 113.

ein Nivellement im entsprechenden Gefälle bestimmte Punkte in gleicher Höhe über der projektierten Grabensohle r s, ist h die Höhe der Visierkreuze und hat man bei n die Oberkante derselben (bei m die Unterkante, da m w $<$ h) in eine zur Grabensohle parallele Ebene einvisiert, so ist in n die Abgrabtiefe n y = v y — v n = a r — v n, und im höher gelegenen Punkte m ist: m x = h + a r — m w. Mit L sind eingeteilte Latten bezeichnet, die den Zweck haben, die Maße v n und m w abzulesen. Die Abgrabtiefen können an den in m, n .... eingeschlagenen Pflöcken angeschrieben und die fertiggestellte Sohle schließlich nochmals durch die Visierkreuze kontrolliert werden.

Hölzerne Gerinne.

84. Mitunter ist man genötigt, für das Profil die Rechtecksform einzuhalten, wenn die Bodenart auch nicht die hierzu erforder-

liche Festigkeit besitzt. In solchen Fällen erhalten die Böschungen eine Verkleidung von Holz. Die einfachste Form eines hölzernen Gerinnes ist in Abb. 114 abgebildet. In Entfernungen von ca. 3 m sind stärkere Pfähle in den Boden eingetrieben, diese Pfähle geben einer aus horizontalen Riegeln und vertikalen Brettchen oder Schwarten gebildeten Wand den erforderlichen Halt. Die nachstehende Konstruktion hat den Vorzug, daß die Pfähle in größeren Entfernungen angeordnet werden können und die Brettchen auch leicht auswechselbar sind.

Abb. 115 zeigt eine Grabensicherung, die besonders für Sumpf- und Moorböden geeignet ist. Die 10—15 cm starken Pfähle sind 1·5—1·8 m voneinander entfernt und gegeneinander durch kurze Streben an den Kopfenden gespreizt. Die Verkleidung bilden 5 bis

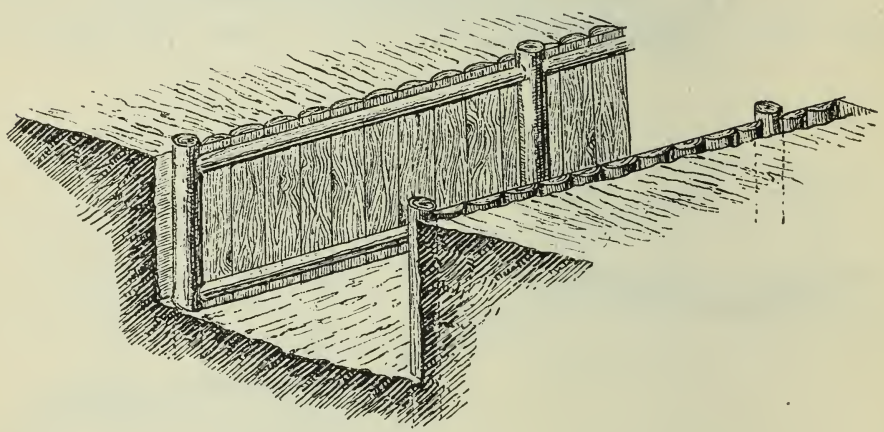

Abb. 114.

8 cm starke Prügel. Auch für Wassergräben in Waldungen, wo das Holz aus verkümmerten oder abgestorbenen Baumstämmen leicht beschafft werden kann, findet diese Uferverkleidung häufig Anwendung.

Für Kanäle, die möglichst undurchlässig sein sollen, empfiehlt sich die Anordnung nach Abb. 116. Das ganze Bett ist mit gehobelten Brettern verkleidet, die im Bedarfsfalle gefalzt sind. Eine Bettung des Bretterbodens in Lehm wird überdies dann vorgenommen, wenn eine besondere Undurchlässigkeit erzielt werden soll. Die Pfähle können bei starkem Erddruck verankert sein. Mit der ersteren Konstruktion verglichen, hat diese Wandverkleidung den Nachteil der größeren Kostspieligkeit; überdies ist die Auswechselung einzelner durch Fäulnis zerstörter Bretter wesentlich erschwert.

Handelt es sich um die Überführung von Kanalwässern über ein Tal oder ein anderes entsprechend tief gelegenes Gewässer, so kann eine Überleitung von Holz nach Abb. 117 angewendet werden.

Diese Konstruktion besteht aus einem aus gefalzten Pfosten hergestellten Kasten, der von einem aus der Abbildung ersichtlichen Gerüste getragen wird. Die etwaigen Fugen können mit in

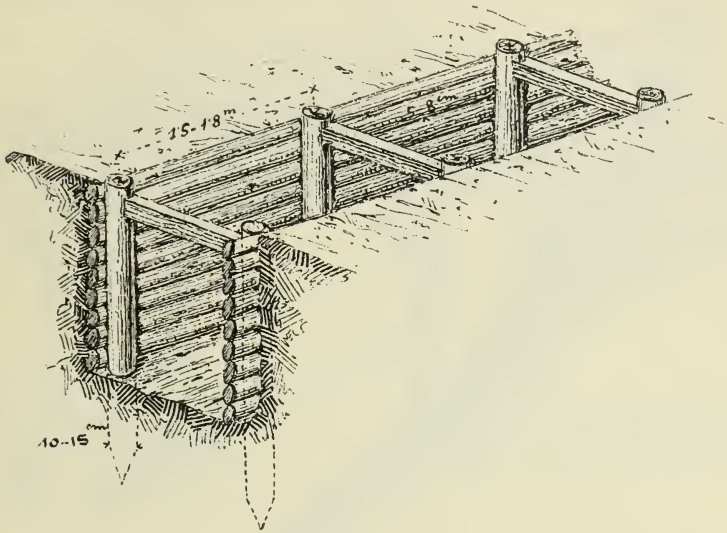

Abb. 115.

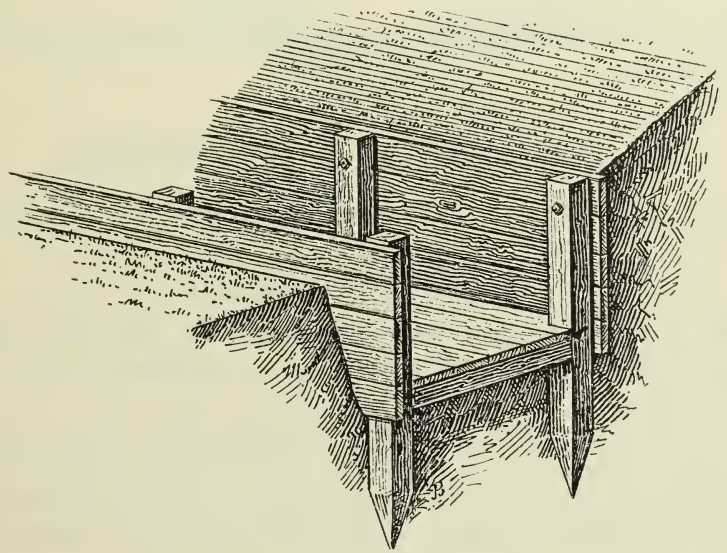

Abb. 116.

Teer getauchtem Werg verstopft werden. Wichtig ist der Anschluß des im natürlichen Erdreich hergestellten Grabens an das hölzerne Gerinne. Ist dieser mangelhaft durchgeführt, so kann das Wasser leicht durch die Böschung durchsickern. Um dies zu verhüten, wird

der erwähnte Anschluß gut in eine Lehmschichte gebettet, auch der anschließende Grabenteil mit Lehm ausgepolstert und überdies

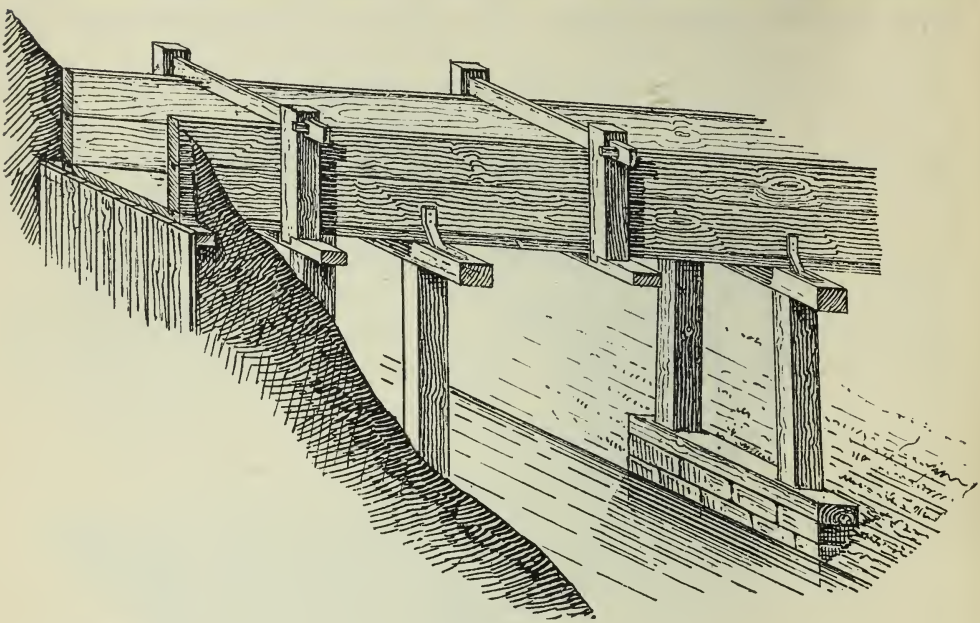

Abb. 117.

durch eine aus der Abbildung ersichtliche Spundwand ein Wasserverlust verhindert.

b) Unterirdische Wasserleitungen.

Diese teilen sich in Röhrenleitungen und Kanäle.

α) Röhrenleitungen.

85. Die Röhrenleitungen bezwecken die Zu- oder Ableitung geringerer Wassermengen. Vor den Kanälen haben sie den Vorzug der Billigkeit und der raschen Herstellung.

In der Landwirtschaft haben Rohrleitungen eine ausgedehnte Verwendung bei der Entwässerung des Bodens; solche Leitungen werden im Kapitel „Drainage" ausführlicher besprochen. In nachstehendem sollen zunächst vollkommen geschlossene Leitungen erörtert werden.

Rohrleitungen stellt man her aus Holz, gebranntem Ton, Zement, Guß- und Schmiedeeisen.

1. Holzrohre. Ihre Dauer beträgt meist nur 10—12 Jahre, wenn man sie nicht durch das Imprägnieren mit fäulniswidrigen Stoffen, wie Karbolineum, Kreosot, Kupfervitriol usw. gegen die

Wirkungen der Fäulnis schützt. Ihr Vorteil besteht in der großen Länge der einzelnen Röhren (4—5 m), sowie einer Reduktion der Verbindungsstellen. Eine vollkommen verläßliche Dichtung an dieser Stelle ist bei Holz schwerer durchzuführen als bei anderem Materiale. Man pflegt daher Röhrenleitungen von Holz keinem stärkeren Wasserdrucke auszusetzen, sondern womöglich im gleichmäßigen Gefälle zu legen. Die geeignetste Holzgattung ist Fichten-, Kiefern- und Lärchenholz; diese leisten der Fäulnis den stärksten Widerstand und verleihen dem Wasser keinen unangenehmen Beigeschmack.

Aus der Abb. 118 ist die übliche Art der Verbindung der Holzröhren ersichtlich. Das obere Rohr erhält einen Zapfen,

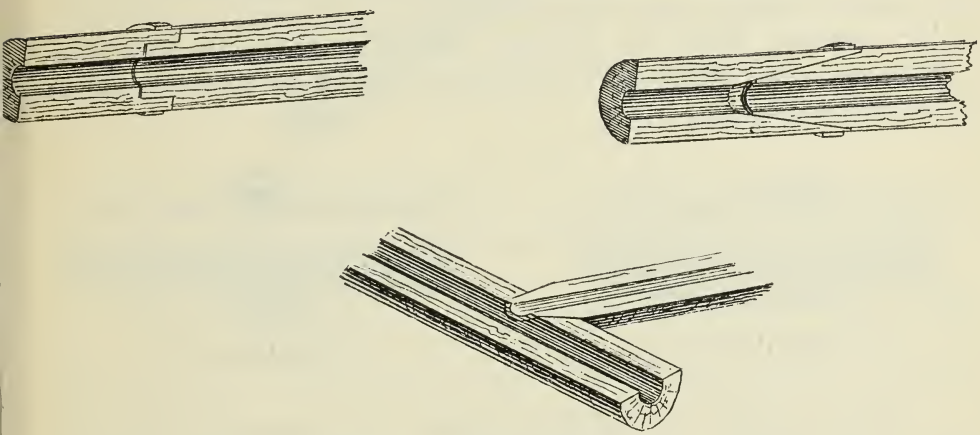

Abb. 118.

welcher in die Aushöhlung des unteren Rohres genau paßt. Verdichtet werden die Rohre mit einem Ölkitt oder besser mit geteertem Hanf. Über die Verbindungsstelle ist ein eiserner Ring zum Schutze gegen das Zersprengen gezwängt. Auch treibt man in den gemeinsamen Innenraum einen beiderseits zugeschärften Eisenring. Die letztangeführte Abbildung zeigt die übliche Verbindung seitlich abzweigender Holzrohre.

Die Wandstärke der Holzrohre ist meist gleich dem Durchmesser des Bohrloches.

Der im gleichmäßigen Gefälle herzustellende Graben erhält in der Sohle nur eine dem äußeren Durchmesser der zu legenden Röhren entsprechende Breite. Dies sichert den Röhren eine unverrückbare Lage. Soll das Wasser gegen die Einflüsse des Frostes geschützt und den Schwankungen der Temperatur im Sommer nicht ausgesetzt sein, muß die Rohrleitung mindestens 1 m tief gelegt

werden. Dadurch ist sie auch gegen Beschädigung durch äußeren Druck, z. B. jenen darüberfahrender Wagen, gesichert.

2. Tonröhren. Diese sind meist inwendig glasiert. Sehr wichtig ist ein sorgfältiges Fundieren derselben, da bei unebenem und nachgiebigem Unterlager leicht ein Bruch in der Leitung stattfinden kann.

Die Tonröhren (Abb. 119 a) werden entweder einfach aufeinandergelegt und über den Zusammenstoß zylindrische Ringe, sogenannte Muffe, geschoben, oder es erhalten die Rohre selbst muffenartige Ansätze. Die Dichtung der Verbindungsstellen findet durch Verstreichen mit einem guten Zementmörtel statt. Auch kann irgendein Wasserkitt verwendet werden. Weniger dicht ist Werg oder Hanf mit Ton, besonders bei etwas stärkerem Wasserdrucke. Dichtungen mit Zement verleihen dem Rohrstrang einen hohen Grad von Steifheit, wodurch selbst bei geringen Setzungen leicht ein Rohrbruch stattfinden kann. Größeren Druckhöhen, über 2 m, sind Tonröhren meist nicht gewachsen.

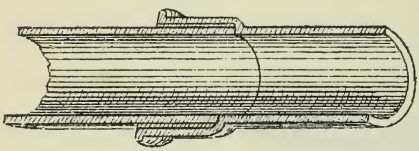

Abb. 119 a.

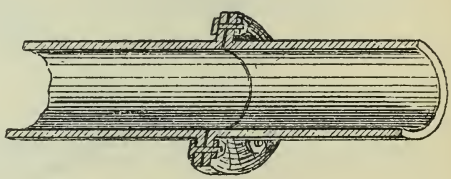

Abb. 119 b.

Zementröhren. Dieselben finden in neuerer Zeit eine vielseitige Anwendung, da dieselben einem starken Drucke ausgesetzt werden können, wasserdicht sind, im feuchten Erdreich den größten Widerstand zeigen und infolge der glatten Wände ein Absetzen von Schlamm verhindern. Ihre Formen sind mannigfaltig; man verwendet kreisrunde, eirunde oder elliptische Zementrohre. Die Dichtung findet ebenfalls mit Zement statt.

Gußeiserne Röhren, Abb. 120, besitzen die größte Dauerhaftigkeit, sind vollkommen wasserdicht und leisten einem starken Drucke Widerstand. Trotzdem sie einen größeren Kostenaufwand erfordern, finden sie eine ausgebreitete Verwendung zu Leitungen, von denen eine lange Dauer beansprucht wird. Nach d'Aubisson ist die Wandstärke mit $0{\cdot}01\ \text{m} + 0{\cdot}015\ \text{d}$ anzunehmen, wobei d den lichten Durchmesser des Rohres bezeichnet. Diese Wandstärke genügt für einen Wasserdruck von 30 m, falls sie nicht Fehler durch Risse oder Blasen aufweisen.

Die Verbindung der gußeisernen Rohre, welche an einem Ende Muffenansätze besitzen, findet durch Ausfüllung des

Hohlraumes zwischen Muffe und Rohr zur Hälfte mit angefeuchtetem Hanf statt, der gut eingepreßt wird, worauf man den Rest mit Blei vergießt. Damit während des Gusses das Blei nicht hervorquillt, wird vor dem Gusse ein in Lehm getauchter Strick um die äußere Öffnung der Muffe herumgelegt und nur so viel Raum (Pfanne)

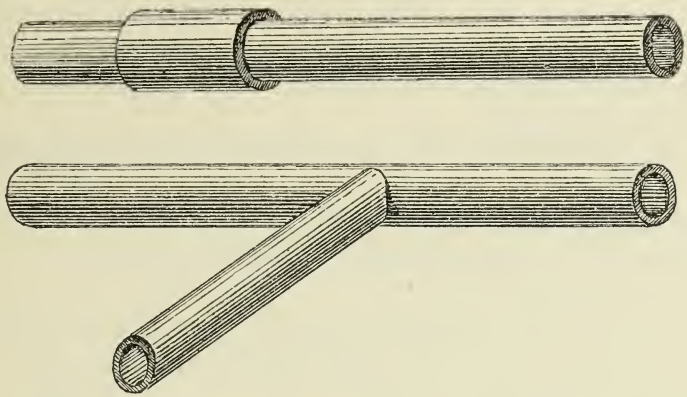

Abb. 120.

oben offen gelassen, daß das Eingießen von Blei in den Hohlraum stattfinden kann.

Außer Blei eignet sich zur Verdichtung auch Eisenkitt. Unter den sonstigen Methoden der Dichtung empfiehlt sich besonders jene mit Keilen aus Kiefernholz. Diese Keile werden im Kreise

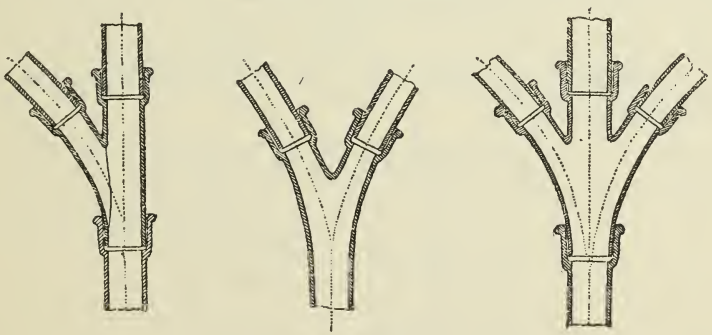

Abb. 121.

in die Fuge zwischen Rohr und Muffe eingelegt und mit Zuhilfenahme eines untergelegten Holzstückes gleichmäßig eingetrieben.

Schmiedeeiserne Röhren finden seltener Verwendung, da sie zu kostspielig sind. Man benützt sie meist nur für geringere Rohrweiten. Sie haben den Vorzug, daß sie sich bei Richtungsänderungen biegen lassen und ein verhältnismäßig geringes Gewicht besitzen.

Letzteren Zweck erfüllen bei kurzen Leitungen von geringem Durchmesser die besonders biegsamen Bleirohre.

Um Richtungsänderungen zu ermöglichen, erhalten die Röhren verschiedene Formen. Man hat Knierohre, Bogenrohre, Verjüngungsrohre bei Übergängen, Abzweigrohre usw. Bei einer jeden Vereinigung von Leitungen ist darauf zu achten, daß die Geschwindigkeit nicht ungünstig beeinflußt wird. Daher hat die Vereinigung unter spitzem Winkel nach möglichst flachen Kreisbögen zu geschehen. (S. Abb. 121.) Je größer der Durchmesser der Röhren, desto größer sei der Radius des Verbindungsbogens.

86. Bestimmung der durch ein Rohr abfließenden Wassermenge.

Diese Wassermenge hängt ab:

1. von der lichten Weite des Rohres;
2. vom Gefälle;
3. von dem Rauhigkeitsgrad der Innenfläche;
4. von den eventuellen Krümmungen und Verengungen.

Die erstgenannten drei Faktoren müssen in den diesbezüglichen Formeln zum Ausdruck kommen.

Im allgemeinen berechnet sich die Wassermenge M, welche eine Rohrleitung vom Durchmesser d liefert, mit $M = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$, wobei nach Eytelwein die Geschwindigkeit

$$v = 3{\cdot}59\ m \sqrt{\frac{50\ d \cdot h}{l + 50\ d}}. \qquad \alpha)$$

Der Koeffizient m wird für den Rauhigkeitsgrad der Drainröhren angegeben bei

$d = 0{\cdot}03$ m mit $m = \frac{2}{3}$

$d = 0{\cdot}05$ m „ $m = \frac{3}{4}$

$d = 0{\cdot}08$ m „ $m = \frac{4}{5}$

$d = 0{\cdot}10$ m „ $m = \frac{5}{6}$

$d = 0{\cdot}13$ m „ $m = \frac{6}{7}$

$d = 0{\cdot}15$ m „ $m = \frac{7}{8}$.

Genauere Resultate gibt die Formel von Darcy auf Grund von Versuchen mit guß- und schmiedeeisernen Röhren, Blei- und Asphaltröhren

$$h = \left(0{\cdot}000507 + \frac{0{\cdot}00001294}{d}\right)\frac{v^2 \cdot 4 \cdot l}{d} \qquad \beta)$$

$$v = \sqrt{\frac{h\,d}{4\,l\left(0{\cdot}000507 + \frac{0{\cdot}00001294}{d}\right)}}; \qquad \gamma)$$

dabei bedeutet d den Durchmesser, h die Fallhöhe auf die Länge l der Rohrleitung.

87. Z. B. 1. Welche Wassermenge liefert eine Rohrleitung, wenn das Gefälle $h = 2$ m auf 100 m Länge (l), und deren Durchmesser $d = 0{\cdot}05$ m?

Es ist

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{\cdot}05}{400\left(0{\cdot}000507 + \frac{0{\cdot}00001294}{0{\cdot}05}\right)}} = 0{\cdot}57 \text{ m}.$$

Daher die Wassermenge

$$M = \frac{\pi\,d^2}{4} \cdot v = \frac{3{\cdot}14 \cdot 0{\cdot}05^2}{4} \cdot 0{\cdot}57$$

$$= 0{\cdot}00112 \text{ m}^3 = 1{\cdot}12 \text{ Liter}.$$

Nach der Formel von Eytelwein ergibt sich, wenn der Rauhigkeitsgrad nicht berücksichtigt wird, $v = 0{\cdot}79$ m, und bei Berücksichtigung desselben mit $\frac{m}{n} = {}^3/_4$ ist $v = 0.59$ m.

2. Welches Gefälle (auf die Länge $l = 100$) muß ein Rohr von 3 cm Weite erhalten, daß es per Sekunde 0·5 Liter Wasser liefert?

$$M = \frac{\pi\,d^2}{4}\,v = 0{\cdot}0005 \text{ m}^3,$$

daher

$$v = \frac{0{\cdot}0005 \cdot 4}{3{\cdot}14 \cdot 0{\cdot}03^2} = 0{\cdot}71 \text{ m}$$

und

$$h = \left(0{\cdot}000507 + \frac{0{\cdot}00001294}{0{\cdot}03}\right)\frac{0{\cdot}71^2 \cdot 4 \cdot 100}{0{\cdot}03} = 6{\cdot}3 \text{ m},$$

also 6·3 % Gefälle.

3. Welcher Durchmesser muß für eine Rohrleitung

gewählt werden, damit sie bei 6% Gefälle 2 Liter Wasser (0·002 m^3) pro Sekunde liefert?

Für diese Berechnung eignet sich die einfachere Formel nach Depuit

$$d = 0{\cdot}3018 \sqrt[5]{\frac{l}{h} M^2};$$

daraus ergibt sich

$$h = 0{\cdot}0015 \frac{l}{d} v^2,$$

$$d = 0{\cdot}3 \sqrt[5]{\frac{100}{6} \cdot 0{\cdot}0004} = 0{\cdot}3 \sqrt[5]{0{\cdot}0000666} = 0{\cdot}045 \text{ m}.$$

Würde man den gefundenen Wert in die Formel α von Eytelwein einsetzen, so ergibt sich

$$v = 3{\cdot}59 \sqrt{\frac{50 \cdot 0{\cdot}045 \cdot 6}{100 + 50 \cdot 0{\cdot}045}} = 1{\cdot}30 \text{ m}$$

und

$$M = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v = 2{\cdot}06 \text{ Liter}.$$

Nach der Formel γ ergibt sich $v = 0{\cdot}92$ m und demnach auch $M = 1{\cdot}44$ Liter, woraus sich zwar eine Übereinstimmung der Formel von Depuit mit jener von Eytelwein, nicht aber mit der gebräuchlicheren und bewährten von Darcy zeigt.

Nach dieser Formel würde sich der Durchmesser mit 0·050 m berechnen, müßte also eine um 5 mm größere Weite genommen werden.

Mit Rücksicht auf den eventuellen Mehrbedarf an Wasser, die etwaige Bildung von Steinkrusten im Inneren des Rohres, sohin Verminderung des Querschnittes und der Glätte der Innenfläche empfiehlt es sich, die Durchmesser im vorhinein etwas größer anzunehmen, als die Rechnung ergibt.

Krümmungen der Röhren benachteiligen zwar die Geschwindigkeit, jedoch nicht in bedeutendem Maße. Nur bei größeren Geschwindigkeiten wird dieser Nachteil bedeutender. Veränderungen des Querschnittes, insbesondere Verengungen, beeinflussen die Geschwindigkeit nachteilig.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß die etwa an den höchsten Punkten einer Leitung sich ansammelnde Luft zeitweilig herausgelassen werden muß, da sie das Rohr an dieser Stelle verengt. Dies geschieht am einfachsten durch vertikale Ansatzröhrchen, die verschließbar sind. Befindet sich das Wasser in der Leitung unter

einem Drucke, ist die Anwendung dieser Röhrchen unstatthaft, und es müssen eigene Luftventile, durch die man zeitweilig die Luft entweichen läßt, angeordnet werden.

β) Gemauerte Kanäle.

88. Zur Ableitung größerer Wassermengen genügen die vorangeführten Rohrleitungen nicht; für solche pflegt man massive, gemauerte oder gegossene Kanäle herzustellen. Bei verschiedenen landwirtschaftlichen Gewerben, in Brauereien, Brennereien, Zuckerfabriken usw. werden in dieser Weise die Abwässer unterirdisch abgeleitet, desgleichen die Spül- und Straßenwässer der Städte.

Alle Kanäle sollen möglichst undurchlässig sein, ferner glatt, widerstandsfähig gegen den Einfluß der Nässe, der wechselnden Temperatur, mitunter der Säuren, ein der durchzuführenden Wassermenge entsprechendes Profil und ein gleichmäßiges Gefälle besitzen, und im Bedarfsfalle leicht zu reinigen sein. Das Material, aus dem die Kanäle hergestellt werden, sind entweder Ziegel oder Steine; doch wird auch eine Betonmasse in neuerer Zeit vielfach mit sehr gutem Erfolge angewendet. Die Ziegel widerstehen weniger gut dem Einflusse der Nässe oder der Säuren, daher empfehlen sie sich nicht für gewisse, ätzende Stoffe führende Abwässer. Kanäle für städtische Abwässer werden fast ausnahmslos aus Beton (1:6 bis 1:5) hergestellt. Werden dennoch Ziegel gewählt, so empfiehlt es sich, nur ein scharf gebranntes Material zu verwenden, das auch der Nässe auf die Dauer besser Widerstand leistet. Von Bruchsteinen wähle man solche, die der Verwitterung nicht unterliegen. Ein glatter, die Innenwände glatt verputzender, hydraulischer oder Zementmörtel schützt übrigens auch ein weniger gutes Kanalmauerwerk vor der Zerstörung durch das Kanalwasser und erhöht dessen Undurchlässigkeit. Die Geschwindigkeit des Wassers hat auf die Innenwände eines Kanals nur einen geringen Einfluß. Verwendet man gute Steine oder hart gebrannte Ziegel, so kann die Geschwindigkeit des Wassers 2 m und auch mehr betragen. Das durchschnittliche Gefälle der Wiener Hochquellenleitung zwischen dem Kaiserbrunnen und dem Reservoir auf dem Rosenhügel beträgt ca. 1:300 und die durchschnittliche Geschwindigkeit 1·08 m pro Sekunde. Die Strecke von 88 km wird in 24 Stunden vom Wasser zurückgelegt.

Das Profil oder die Größe der Kanäle richtet sich nach der Wassermenge, dem Gefälle, der Profilsform und dem Grade der Rauhigkeit der Kanalwände. Das Kanalprofil muß so groß gewählt werden, daß es auch bei starkem Wasserzuflusse nicht voll

läuft; besonders gilt dies von Kanälen, die überdeckt oder überwölbt sind. In solchen Fällen könnte leicht eine Zerstörung der Einwölbung herbeigeführt werden. In manchen Fällen müssen die Kanäle schlüpfbar angeordnet werden. Das geringste Maß für solche Leitungen ist 0·7 m breit und 1·0 m hoch.

Bei gleichmäßigem und geradlinigem Gefälle der Kanalsohle finden die etwa vom Wasser mitgeführten Stoffe nicht Zeit sich abzusetzen, selbst dann, wenn dieses Gefälle gering ist; dagegen findet ein Absetzen statt, sobald Gefällsbrüche oder gar Gegengefälle nebst Richtungsänderungen vorkommen. Ein nach unten zu sich verengendes Profil beeinflußt die Durchflußgeschwindigkeit günstig, da die benetzte Fläche im Vergleich zum Querschnitt gering ist.

Arten der Kanäle.

89. Mit Steinplatten gedeckte Kanäle werden angewendet, wenn entsprechend große Steinplatten zur Überdeckung der beiderseitigen Kanalwiderlager leicht zu beschaffen sind. Das Profil eines Deckplattenkanals zeigt Abb. 16 und 17. Die Steinplatten übergreifen das Widerlager 0·1—0·15 m. Für Kanäle von $\frac{0{\cdot}6}{0{\cdot}6}$ m Weite genügen meist Widerlager von 0·6 m Stärke und Deckplatten von 10 cm Dicke. Diese sollen gut anschließen, um das Durchfallen von Erde zu verhindern. Die Widerlager erhalten kleine Fundamente und die Kanalsohle eine am besten konkave Pflasterung.

Gewölbte Kanäle erhalten entweder einen kreisrunden, einen elliptischen oder auch hufeisenförmigen Querschnitt, häufig sind jedoch die Widerlager aus zwei vertikalen Mauern gebildet, die mit einem halbkreis- oder segmentförmigen Gewölbe überdeckt sind. Die runden Formen, insbesondere die Eiform, sind die zweckmäßigsten, da bei ihnen ein Zusammendrängen des Wassers in der Sohle stattfindet, wodurch eine Ablagerung der mitgeführten Sinkstoffe auch bei geringem Wasserstande durch eine erhöhte Spülkraft des Wassers verhindert wird; ihre Herstellung erfordert jedoch mehr Geschick und Zeitaufwand. Siehe die Abb. 122, 123, 124, 125.

Betonkanäle erhalten eine Wandstärke von 8—15 cm. Sie werden in eine Unterlage von gestampftem Schotter gebettet. Bei kleineren Querschnittformen bildet man den Betonkanal durch Verschiebung eines zylindrischen Holzes in der im Graben ausgebreiteten Betonmasse. Man erhält auf diese Art eine glatte und fugenfreie Öffnung.

Für die eiförmigen Kanäle gibt man ein Verhältnis der Höhe zur Breite 3:2 oder 8:5, für die Hufeisenform 7:4 oder 7:5.

Die Reinigung der Kanäle. Die geeignetste Reinigung ist eine Durchspülung mit einer genügenden Menge Wasser, am besten durch Ausnützung größerer Niederschläge. Man führt das Regenwasser durch ein eisernes Einfallgitter in den Kanal oder staut das Kanalwasser durch sogenannte Stülpschleusen an, um ihm eine verstärkte Spülkraft zu verleihen. Unter den Kanalgittern werden Schlammkästen angeordnet; es sind das vertikale, ca. 0·8—1·0 m tiefe Schächte zur Aufnahme des vom Regenwasser mitgeführten Sandes. Das diese Schlammkästen passierende Kanalwasser vermindert oberhalb derselben seine Geschwindigkeit und setzt die mitgeführten Stoffe ab. Diese Schächte müssen zeitweilig geräumt werden.

Nicht schliefbare Kanäle reinigt man durch Reisigbündel

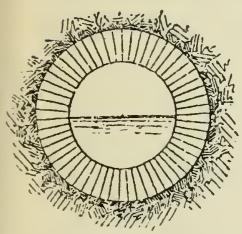

Abb. 122.

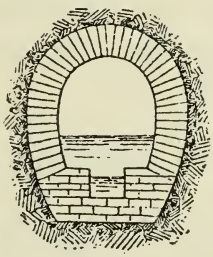

Abb. 123.

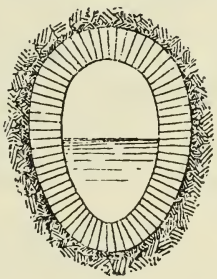

Abb. 124.

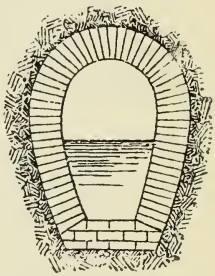

Abb. 125.

von den Einsteigöffnungen aus, wobei das Durchziehen der Schnur durch den Kanal ein Holzschwimmer besorgt.

90. Für die Berechnung des Kanalquerschnitts kann, glatte Wände vorausgesetzt, die Formel

$$v = 70\sqrt{RJ}$$

verwendet werden.

Dabei ist

$$R = \frac{a}{p} \text{ und } J = \frac{h}{l}$$

und bedeutet a den benetzten Kanalquerschnitt, p den benetzten Umfang, h das Gefälle auf die Länge l.

Mit Rücksicht auf die im Wasser mitgeführten Bestandteile empfiehlt es sich, die Geschwindigkeit v mit 0·8 m bei glatten, mit 1·0 m bei rauhen inneren Flächen anzunehmen. Nimmt man $v = 0{\cdot}8$ m, $d = 0{\cdot}3$ m und $l = 1000$ m, so ergibt sich $h = 3{\cdot}2\,‰$ oder $\frac{1}{3}\,\%$; für $d = 0{\cdot}6$ m ist $h = 1{\cdot}7\,‰$ oder rund

0·2 %, für d = 1·0 m ist h = 1·0 ‰ oder 0·1 %; für einen Kanal von quadratischem Querschnitt von 1 m Seitenlänge würde die Formel

$$v = 70 \sqrt{RJ}$$

unter den gleichen Voraussetzungen geben: h = 1·3 ‰, also ein etwas größeres Gefälle.

Für kreisrunde Kanäle kann die einfache Formel

$$d = 0{\cdot}3 \sqrt[5]{\frac{1}{h} Q^2} = 0{\cdot}3 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{J}}, \text{ da } J = \frac{1}{h},$$

Verwendung finden.

Dabei ist J das relative Gefälle, d in Metern, Q in Kubikmetern pro Sekunde.

Die Formel gilt für die Voraussetzung, daß die Leitung fast vollständig voll läuft.

Ist z. B. die Fläche, von welcher der Kanal das Niederschlagswasser aufnimmt, F (in Hektaren), q die pro Sekunde und Hektar abzuführende Wassermenge in Litern, so ist

1. $$Q = \frac{F \cdot q}{1000} \text{ in Kubikmetern,}$$

2. $$d = 0{\cdot}019 \sqrt[5]{\frac{1}{J} F^2 q^2} \text{ und}$$

3. $$F = 20\,286 \sqrt[5]{\frac{d^5}{q^2}} J.$$

Z. B. Ein Hofraum, 20 m breit, 40 m lang, gepflastert, so daß kein Regen versickert, bedarf bei einem Abflußquantum von q = 1000 Liter pro Hektar und einem Gefälle der Leitung von 0·01 eines Ablaufkanals vom Durchmesser

$$d = 0{\cdot}019 \sqrt[5]{\frac{1}{0{\cdot}01} 0{\cdot}08^2 \cdot 1000^2} = 0{\cdot}27 \text{ m.}$$

Aus vorstehender Berechnung ergibt sich, daß die Kanalisation keine bedeutenden Anforderungen auf Niveauunterschiede stellt. Nur die Tieflage mancher Räume der landwirtschaftlichen Industrien erfordert oft eine Senkung resp. Flachlegung der Kanalsohle.

Die Erdaushebung trachtet man mit vertikalen Wänden durchzuführen, wenn notwendig, werden diese Erdwände gepölzt.

Die Untersuchung des Bauzustandes eines Kanals kann von den Einsteigeschächten aus in der Weise stattfinden, daß er von der entgegengesetzten Seite aus gut beleuchtet wird. Eine Reparatur

findet von innen aus meist nur bei solchen schliefbaren Kanälen statt, deren Maße mindestens 1·0 × 0·6 m betragen. Kleinere

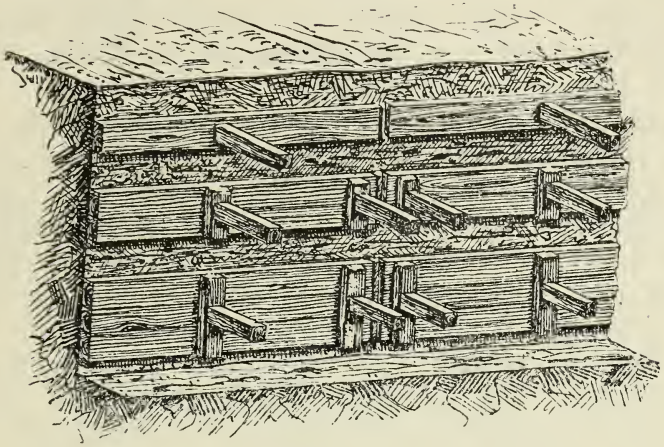

Abb. 126.

Kanäle, oder wenn bei den schliefbaren umständlichere Arbeiten durchzuführen sind, müssen vollständig aufgedeckt werden.

Abb. 127.

91. Bei Kanälen, welche die Abwässer aus Zuckerfabriken, Brauerein usw. ableiten,

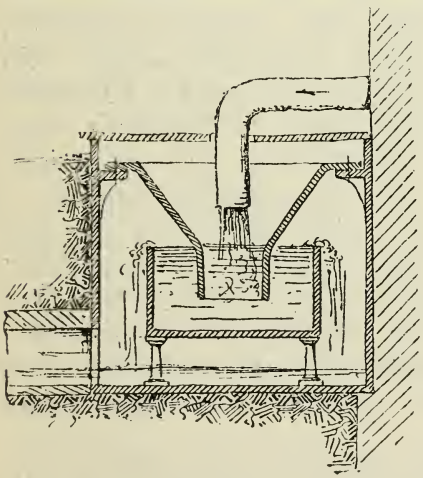

Abb. 128.

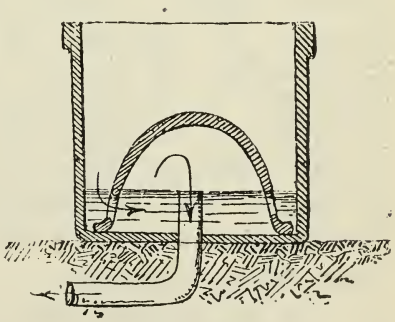

Abb. 129.

entstehen infolge der Gärung und Fäulnis übelriechende und gesundheitsschädliche Gase. Versuche, diese Gase durch verschiedene Mittel zu absorbieren (z. B. Holzkohlefilter), haben sich nicht bewährt.

Die zweckmäßigsten Mittel, diese Gase unschädlich zu machen, sind die Ventilation und Wasserabschlüsse.

Die Ventilation bezweckt die Beseitigung der Kanalluft durch Schläuche, welche dieselbe in höhere Luftschichten ableiten. Am besten eignen sich dazu die Abfallröhren der Rinnen (Schläuche), die in den Kanalraum einmünden.

Die Wasserabschlüsse sperren den Kanalraum hermetisch ab. Die einfachsten sind die sogenannten Syphons, von denen eine für Rohrleitung anzuwendende Art in Abb. 127 abgebildet ist. Einen vollkommen hermetischen, überdies leicht auswechselbaren Verschluß bildet die Einrichtung nach Ravlison (Abb. 128). Sie besteht aus einem gußeisernen Trichter, in den das eingebogene Endrohr eines Kanals oder der Rohrleitung einmündet. Darunter befindet sich ein zweites, als eigentlicher Schlammsammler dienendes Gefäß. Bei verstärktem Wasserzufluß läuft dieses Gefäß über und in den Kanal ab. Die ganze Vorrichtung ist aus Gußeisen. Durch zeitweiliges Nachgießen frischen Wassers kann auch ein etwa im Abschluß entstehender übler Geruch beseitigt werden.

Ebenso einfach ist der Glockenverschluß Abb. 129. Die Funktionierung dieser gußeisernen Vorrichtung ist aus der Abbildung ersichtlich.

7. Herstellung von Brunnen und Zisternen.

92. Für verschiedene Zwecke bedarf man in der Landwirtschaft Nutz- und Trinkwasser. An das Nutzwasser werden keine besonderen Anforderungen gestellt, es kann daher auch den natürlichen Gewässern entnommen oder nach Regengüssen in Behältern angesammelt werden. Dieses Wasser enthält Salze nur in geringen Mengen; es empfiehlt sich daher bei entsprechender Reinheit zu Waschzwecken, da sich die Seife darin leicht löst, es ist ein gutes Kochwasser für Hülsenfrüchte und eignet sich für die Bewässerung von Kulturen, besonders wenn es nicht kalt ist und Pflanzennährstoffe enthält. Weniger Eignung besitzt das Tagwasser als Trinkwasser; es entbehrt des erfrischenden Geschmacks, den man meist beim Quell- oder Grundwasser findet und der von gelösten, meist doppeltkohlensauren Salzen herrührt.

In den meisten Fällen wird das Wasser für einen Wirtschaftshof durch Abgrabung resp. Errichtung eines vertikalen Schachtes bis unter den Spiegel des tiefsten Grundwasserstandes beschafft. Man erhält so einen Behälter, in dem sich das Wasser zusammenzieht.

Die Feststellung der Tiefe, bis zu welcher der Brunnen zu er-

stellen ist, ist im allgemeinen schwierig, insbesondere dann, wenn man nicht auf das Seihwasser der obersten, etwa schon auf wasserundurchlässigen Erdschichten lagernden Erdschicht reflektiert. Dieses läßt sowohl bezüglich der Temperatur, als auch rücksichtlich des Geschmacks oft manches zu wünschen übrig. Ein aus größerer Tiefe hervorgeholtes Quellwasser ist meist härter und geschmackvoller und besitzt zu jeder Jahreszeit dieselbe niedere Temperatur von ca. 10 ° C. Dagegen weisen seichte Brunnen oft bedeutende Differenzen zwischen der Sommer- und Wintertemperatur auf.

Die besten Anhaltspunkte über die erforderliche Tiefe geben in der Nachbarschaft bereits gegrabene Brunnen, besonders dann, wenn die Ablagerungen der Erdschichten gleichartig sind. Im zerklüfteten Gestein zeigen sich jedoch häufig wechselnde Verhältnisse selbst in unbedeutenden Entfernungen, so daß man nur durch probeweises Bohren mit Erdbohrern zu einem sicheren Schlusse gelangen kann.

Ein aufmerksames Beobachten der Bodenformen läßt übrigens häufig den Schluß zu, wo aller Wahrscheinlichkeit nach die tiefste Stelle der wasserhaltenden Bodenschicht sich befindet, und wo daher für die Brunnenanlage die günstigsten Verhältnisse zu gewärtigen sind. *In Felsarten von blätterigem Gefüge* ist die Wassermenge meist wenig ausgiebig. Das *zerklüftete Gestein* enthält wohl häufig größere unterirdische Reservoire und Wasseradern, doch ist deren Lage von der Oberfläche aus schwer bestimmbar. Solche bedeutende Zerklüftungen zeigt z. B. das Gebiet der nördlichen Kalkalpen, deren unterirdische Quellen den Kaiserbrunnen, das Hauptreservoir der Wiener Hochquellenleitung, speisen. Im kiesigen Grunde oder Sandboden findet man kein Grundwasser, außer in der Tiefe einer undurchlässigen Erdschicht. Befindet sich diese in einer bedeutenden Tiefe, so stellt sich die Erstellung gegrabener Brunnen oft derart kostspielig, daß sich die Zuleitung von Quellwasser selbst aus größeren Entfernungen empfiehlt, um so mehr, als fließendes Wasser dem Wirtschaftshofe eine Reihe anderweitiger Vorteile bietet.

Besteht ein Boden sekundärer Formation aus wagerechten Schichten und sind einzelne derselben undurchlässig, so führt jede von ihnen Wasser. Die Beschaffenheit desselben hängt von der Tieflage dieser Schichte und von der Art der Mineralien der wasserhaltigen Schichte ab.

Zu den Vorerhebungen gehört auch die Feststellung der voraussichtlichen *Ausgiebigkeit* einer projektierten Brunnenanlage. Im allgemeinen läßt sich der Grundsatz aufstellen, daß seichte Brunnen keinen konstanten Zufluß besitzen und daher gerade zur heißesten Jahreszeit, wo überdies der Wasserbedarf am größten ist, die geringsten Wassermengen liefern; dagegen zeigen Brunnen, deren Sohle

sich in größerer Tiefe befindet, einen gleichmäßigeren Wasserstand. Dieser Umstand findet seine Erklärung darin, daß die Speisung der tief gelegenen Wasserbehälter durch die Vereinigung von Quellen stattfindet, die in größeren Entfernungen entspringen. Sie gelangen in den Behälter aus den verschiedensten Richtungen. Der längere Weg und die größere Zahl der sich in einem Punkte vereinigenden Quellen sichern die Gleichmäßigkeit des Wasserstandes.

Häufig treten unterirdische Quellen zutage, die in bezug auf Temperatur und Ergiebigkeit konstant sind. Sie kommen daher aus größeren Tiefen und entspringen auch in größeren Entfernungen. Auch findet man mitunter auf der Erdoberfläche Spuren von Wasser, das sich in geringerer Tiefe befindet, durch Nachgrabungen aufgedeckt wird und sich als geeignet erweist. Derartige unterirdische Quellen können gefaßt, in Brunnstuben gesammelt und durch Rohrleitungen dem Wirtschaftshofe zugeführt werden. Man beschafft demnach das Wasser:

a) durch Auffangen des Tag- oder Regenwassers in den sogenannten Zisternen,
b) durch Herstellung von Brunnen,
c) durch Zuleitung von Quellwasser.

a) Die Zisternen.

93. Durch die Anlage einer Zisterne schafft man ein Reservoir, das den Zweck hat, das Wasser in einer größeren Tiefe zu sammeln und so in einer gleichmäßigeren Temperatur zu erhalten. Vielfach wird das Wasser vorerst einer Filtration unterworfen, besonders in solchen Fällen, wenn es zugleich als Trinkwasser benutzt werden soll. Diese Filtriervorrichtungen bestehen aus Schichten von Kies, Sand, Holzkohle, Holzspänen usw. Dabei reiht man die Stoffe so aneinander, daß zunächst die stark durchlässigen Bestandteile zu Filtern verwendet werden, um die gröberen Verunreinigungen zurückzuhalten.

Bei einfacheren Zisternen bestehen die Reinigungsvorkehrungen im Absetzenlassen des Wassers in einem Vorbassin oder in der Zisterne selbst. Die Einrichtung einer solchen ersieht man aus Abb. 130. Das Wasser gelangt zunächst in einen kleineren Behälter, den Speisebrunnen, wo sich die gröberen vom Wasser mitgeführten Bestandteile absetzen. Der größere Zisternenraum ist überwölbt, die Sohle gepflastert. Das gesamte Mauerwerk wird in hydraulischem Mörtel aufgeführt. Die Sohle der Zisterne erhält ein schwaches Gefälle nach einem Punkte, um eine gründliche Reinigung zu ermöglichen. Steigt das Wasser bis zur Höhe des Gewölbfußes,

so läuft es seitlich ab; ein weiteres Steigen würde das Gewölbe schädigen.

Die Wasserhebung kann mittelst einfacher Eimer durch verschiedene Aufzugsvorrichtungen stattfinden, auch verwendet man Pumpen. Die einfachste Hebevorrichtung ist eine dünne Stange von

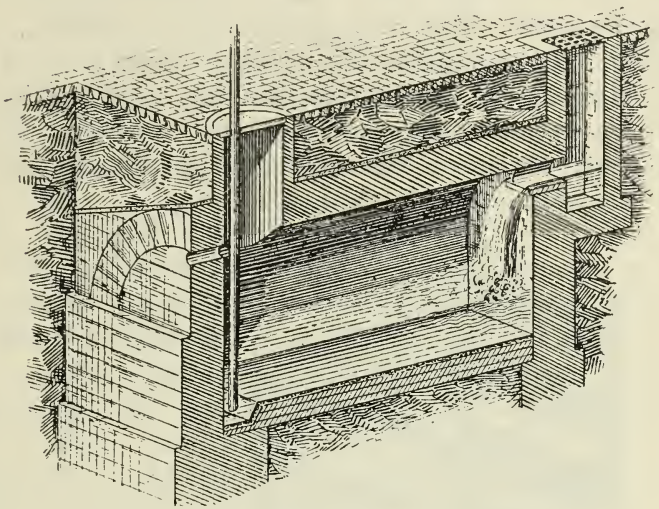

Abb. 130.

entsprechender Länge mit einem am Ende befestigten Eimer. Auch findet man Eimer an einem Seile aufgehängt, das entweder durch einen Balkenhebel oder durch eine Welle gehoben wird. Diese Wellen sind mit einem Sperrrad versehen, das ein Zurückgleiten des gefüllten Eimers verhindert.

b) Die Brunnen.

Man unterscheidet:

α) gegrabene Brunnen und versenkte Brunnen (Hausbrunnen).

β) artesische Brunnen.

α) Gegrabene und versenkte Brunnen.

94. Bei größerer Tieflage des Wasserspiegels wird ein vertikaler Schacht erstellt, der bis unter den Grundwasserspiegel vertieft wird. Es geschieht dies teils deshalb, damit ein entsprechend hoher Wasserstand erhalten wird, teils zu dem Zwecke, um auch bei einer Senkung der Grundwasserspiegels eine genügende Wassertiefe zu besitzen. Die Weite eines solchen Brunnenschachtes hängt haupt-

sächlich von der erforderlichen Wassermenge ab. Für gewöhnliche Hausbrunnen mit intermittierendem Betriebe genügt eine Breite von 1·0—1·5 m lichter Weite. In letzterem Falle ist der Brunnen besteigbar und bietet für die Unterbringung von Pumpen genügend Raum. Erhält der Brunnen nur eine Pölzung aus Pfosten und Stützen, so gibt man ihm einen quadratischen Querschnitt; die ausgemauerten Brunnen pflegt man zylindrisch herzustellen.

Die Abb. 131 zeigt einen Brunnenschacht von Holz. Die Schachtzimmerung besteht aus Pfosten, welche durch Kränze aus vierkantig behauenem Holze festgehalten werden. Diese Hölzer sind überblattet. Vertikale Säulen halten die Kränze in wagrechter Lage und in gleichen Vertikalabständen.

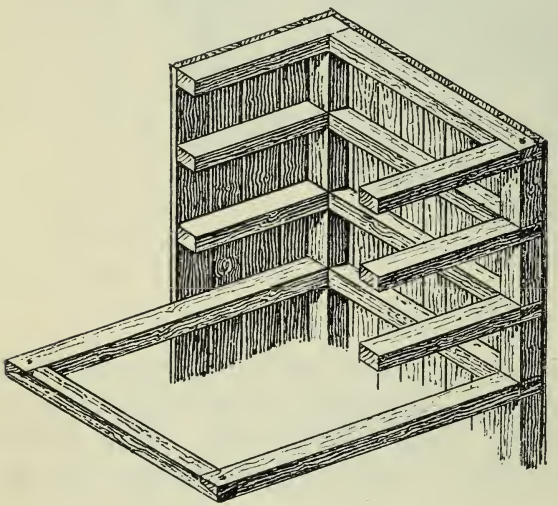

Abb. 131.

Einfacher ist eine Zimmerung, die nur aus Ecksäulen besteht, auf denen die Pfosten durch Nägel befestigt werden.

Die Ausmauerung eines zylindrischen Brunnens findet auf eine zweifache Weise statt. Nach der ersten gewöhnlich üblichen Art wird nach erfolgter vollständiger Aushebung des Schachtes die Aufführung des Brunnenmauerwerks unter gleichzeitiger Beseitigung der etwa vorhandenen Eingerüstung von unten herauf vorgenommen. Bei der zweiten Methode, bei den sogenannten versenkten Brunnen, hebt man den Schacht meist so tief aus, bis man auf Wasser stößt, legt sodann einen solid konstruierten Brunnenkranz aus mindestens zwei Lagen sich übergreifender und durch Nägel und Schraubenbolzen fest vereinigter Pfosten auf die Sohle und führt darüber das Mauerwerk so auf, daß es ca. 1 m über das natürliche Erdreich hinausragt. Statt eines hölzernen Brunnenkranzes kann ein aus mehreren zusammengeschraubten Teilen bestehender Kranz aus Gußeisen verwendet werden. Der Brunnenkranz soll nach abwärts schwach kegelförmig gestaltet sein und einen größeren äußeren Durchmesser besitzen als das Brunnenmauerwerk, um die Reibung des letzteren an den Erdwänden zu verringern. Wird nun der Brunnenkranz unterwühlt und das gewonnene Erdreich beseitigt, so findet eine allmähliche Senkung des Mauerwerks

statt, so daß die oben arbeitenden Maurer den Brunnenzylinder wieder nach aufwärts verlängern können.

Findet die Versenkung des Brunnens auch im Trockenen statt, so kann die Erdaushebung durch Arbeiter, die in der Sohle des Schachtes untergebracht sind, mit gewöhnlichen Werkzeugen besorgt werden; im Wasser benutzt man Bohrapparate und Handbagger. Bei weiten Brunnenkesseln können mehrere Bohr- und Baggerwerkzeuge Verwendung zugleich finden. Die gewonnene Erde wird in Kübel oder Eimer gefüllt und mittelst einer Haspel zutage gefördert.

Die Beseitigung des Erdreichs unter dem Brunnenkranze wird wesentlich erleichtert, wenn er an der äußeren Peripherie mit einer scharfen eisernen Kante versehen ist, etwa in der Gestalt eines abgestutzten, mit der kleineren Öffnung nach oben gewendeten Kegels.

Die Senkung des Mauerwerks wird durch eine aufgelegte Belastung gefördert. Während der Abgrabung muß genau darauf gesehen werden, daß der untergelegte Brunnenkranz in keine schräge Lage gerät. Daher ist insbesondere bei der Unterwühlung des Brunnenkranzes die größte Vorsicht geboten. Man prüft dessen Lage am besten durch eine aufgelegte Wasserwage, auch durch eine Kontrolle der vertikalen Lage des Mauerwerks.

Die Versenkung des Brunnenmauerwerks empfiehlt sich besonders in Ton- und Sandboden und bei vorhandenem Grundwasser, wenn der Brunnenschacht in größeren Tiefen ausgehoben werden soll. Im letzteren Falle senkt sich das Mauerwerk selbst, sobald nur der innere Raum ausgehoben wurde. Das darin sich ansammelnde Wasser löst den unter dem Brunnenkranze befindlichen Grund auf, worauf die Senkung des Mauerwerks langsam vor sich geht. Es ist darauf zu achten, daß hinter dem Mauerwerk keine Höhlungen im Erdreich verbleiben.

Zur Herstellung des Mauerwerks verwendet man meistens gewöhnliche Ziegel, die gut in Verband gelegt werden. Für starken Erddruck empfiehlt sich die Verwendung von keilförmigen Ziegeln (Brunnenziegeln). Kostspieliger, doch wesentlich dauerhafter ist ein Mauerwerk aus witterungsbeständigen, entsprechend behauenen Steinen. Zur Verbindung und Dichtung der Bausteine benutzt man einen schnell erhärtenden Wassermörtel. Dabei ist zu beachten, daß die Steine gründlich gereinigt und vor dem Gebrauch genetzt werden sollen. Soll das Mauerwerk besonders wasserdicht sein (bei starkem Wasserdruck), so soll der Zementverputz mit stählernen Kolben glattgerieben werden. Das Mauerwerk erhält eine Stärke von 30—40 cm.

Die Ausmauerung des Brunnenschachtes hat gegenüber der

Zimmerung wesentliche Vorzüge; insbesondere verhindert sie das Eindringen fremden Wassers, des seicht liegenden Grundwassers und sonstiger gesundheitsschädlicher Seihwässer. Es empfiehlt sich daher, die Ausmauerung des Brunnenschachtes mit einer gut gestampften Lehmschicht zu umgeben. In hydraulischem Mörtel wird nur der obere Teil des Brunnens ausgemauert, der untere wird als Trockenmauerwerk aufgeführt, damit das Wasser, auf welches man reflektiert, durch alle Ritzen des Mauerwerks auch von der Seite in den Brunnen gelangen kann. Die Sohle des Brunnens bedeckt man mit einer Kiesschicht.

Mitunter kommt eine Senkung des Grundwasserspiegels bei bestehenden Brunnen vor, wodurch der Brunnen an Ergiebigkeit verliert oder ganz versiegen kann. Besteht der Grund unter dem Brunnen aus trockenem Material und befindet sich die wasserundurchlässige Schicht in einer größeren Tiefe, so läßt sich die Vertiefung des Brunnenschachtes in der Weise herstellen, daß man ein massives Faß ohne Boden auf der Sohle aufstellt und belastet. Wird aus dem Innern dieses Fasses die Erde herausgegraben oder gebaggert, so findet eine allmähliche Versenkung desselben bis zu dessen voller Höhe statt, so daß das Faß die Fortsetzung des Mauerwerks nach abwärts bildet. Das Innere des Fasses kann sich von unten aus mit Wasser füllen.

Versenkte Brunnen können übrigens jederzeit durch weiteres Baggern und eine dementsprechende Nachmauerung des Brunnenzylinders vertieft werden.

Zur Wasserhebung werden meist die bekannten Saug- oder Druckpumpen benutzt. Für geringe Tiefen und bedeutenden Wasserbedarf eignet sich auch ein Becherschöpfwerk, besonders wenn sich dasselbe durch einen Göpel in Betrieb setzen läßt.

β) Artesische Brunnen.

95. Wird ein Bohrloch durch verschiedene Erdschichten bis zu einem unterirdischen Wasserbehälter oder einer Wasserader erstellt, und steigt dieses Wasser durch das Bohrloch auf, so daß es frei abfließt oder mindestens durch Pumpen bis zur Erdoberfläche gehoben werden kann. Man erhält so einen *artesischen Brunnen*. Das Aufsteigen des Wassers im Bohrloch ist nur dann möglich, wenn das unterirdische Wasser unter einem *hydrostatischen Drucke* steht, was der Fall ist, wenn dessen Oberfläche höher gelegen ist als die Stelle, wo die Anbohrung des Wassers stattfand. In diesem Falle steigt das Wasser nach dem Gesetze der kommunizierenden Gefäße im Bohrloch auf, und zwar in gleicher Höhe mit jener des

Grundwasserspiegels des Speisereservoirs. Durch die artesischen Brunnen wurde das Wasser an einzelnen Stellen der Erdoberfläche aus bedeutenden Tiefen heraufgeholt (1000 m und darüber), und zwar mit relativ geringen Kosten. Dieses Wasser steigt mitunter noch bis zu einer namhaften Höhe (bis 20 m) über die Erdoberfläche, so daß es zur Errichtung von Springbrunnen, zur Einleitung desselben in höhere Geschosse der Gebäude verwendet werden kann.

Da bei der Herstellung der artesischen Brunnen meist verschiedenartige Erdschichten durchbohrt werden, so schließt man häufig unterirdische Wässer von verschiedener Steigkraft und Qualität auf. Es ist einleuchtend, daß ein aufgefundenes seichtes Wasser unter Umständen durch weitere Tiefbohrung verloren gehen kann, wenn man die unter der wasserführenden befindliche, undurchlässige Schicht durchbohrt, falls sich unter der letzteren eine für das Wasser aufnahmsfähige Sand- oder Kiesschicht befindet. Ein plötzliches teilweises oder gänzliches Versiegen des artesischen Brunnens kann außerdem auch dann eintreten, wenn dieselbe Wasserader an einer tieferen Stelle später angebohrt und dem Wasser daselbst ein Abfluß gestattet wird.

Ob an einer bestimmten Stelle ein artesischer Brunnen Wasser in einer erwünschten Höhe liefert, ist schwer im vorhinein zu beurteilen. Es lassen sich jedoch gewisse Schlüsse während der Bohrarbeit ziehen, wenn in der Bodenbeschaffenheit ähnliche Bodenverhältnisse vorgefunden werden wie bei benachbarten artesischen Brunnen. Am Fuße der Gebirge und der bewaldeten Anhöhen, wenn der Untergrund aus zerklüftetem Gestein besteht, liefern in der Talsohle angelegte artesische Brunnen meist ausgiebige Wassermengen. Dies ist insbesondere in der Kreideformation der Fall.

Das Wasser der artesischen Brunnen zeichnet sich zumeist durch eine besondere Reinheit aus und pflegt auch in bezug auf Temperatur und Geschmack den Anforderungen zu entsprechen.

Herstellung der artesischen Brunnen.

Diese umfaßt:

die Erstellung des Bohrloches,
die Anbringung der Futterröhren,
das Einsetzen der Steigröhren.

96. Die Erstellung des Bohrloches. Die verwendeten Bohrwerkzeuge sind Stahlbohrer verschiedener Konstruktion, durch welche das Erdreich gelockert und herausbefördert wird. Die Bohrer wirken durch Schlag oder durch Drehung. Im ersteren Falle sind dieselben auf einem Seil befestigt und bohren sich, frei fallend, in den Boden ein. Im zweiten Falle ist der Bohrer an einem festen

Gestänge befestigt und wird durch Drehung dieses Gestänges allmählich in die Erde versenkt. Die erste Methode hat den Vorzug, daß beim Herausheben des Bohrers das Seil einfach nachgewunden zu werden braucht. Beim Bohren muß das aus einzelnen Stücken zusammengesetzte Gestänge jedesmal auseinandergenommen werden, sobald der gefüllte Bohrer entleert werden soll. Dies ist besonders bei größeren Tiefen mit großem Zeitaufwand verbunden. Auch ist das Gewicht des Seiles unbedeutend im Vergleich mit jenem des Gestänges.

Der Grund, warum die letztgenannte Methode häufiger angewendet wird als das Seilbohren, liegt darin, daß sich in Böden, deren Herausbeförderung nur durch Einschneiden des Bohrers vorgenommen werden kann, der Seilbohrer als schlecht verwendbar zeigt und nur in festem Gestein ganz am Platze ist. Auch ist das Erfassen abgerissener Bohrer beim Seilbohren beinahe unmöglich.

In neuerer Zeit verwendet man bei Bohrarbeiten, die in größerem Maßstabe durchgeführt werden, auch ein hohles Bohrgestänge nach dem System Fauvelle. In das Bohrgestänge wird mittelst einer Druckpumpe Wasser eingetrieben. Dieses löst die durch den Bohrer aufgelockerten Erd- und Sandteile auf, die Lösung wird in die Höhe getrieben und gelangt zum Abflusse. Bei dieser Methode wird das Bohren sowohl durch den Stoß, als auch durch eine Drehung des Bohrers bewirkt. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß, da der Bohrer nicht heraufgeholt werden muß, der Fortschritt der Arbeit viel bedeutender ist.

In solchen Bodenarten, in welchen das Wasser im Boden versickert, wäre die Anwendung dieses Systems untunlich.

97. Das Bohren mit festem Gestänge. Die eigentliche Bohrarbeit beginnt erst, nachdem man einen Brunnenschacht von 3—5 m Tiefe ausgehoben. Dieser Schacht wird durch eine solide Zimmerung gegen Einsturz gesichert. Man erreicht durch den Schacht hauptsächlich den Vorteil, daß das Auseinandernehmen des Gestänges erleichtert und die Länge desselben überdies vermindert wird. Die Aufzugsvorrichtungen lassen sich unmittelbar auf den natürlichen Boden aufstellen, und können auch mehrere Teile des Gestänges auf einmal abgenommen werden. Hauptsächlich aber dienen die Wände des Schachtes zur Befestigung von Rahmen, welche den Futterröhren als sichere und unverrückbare Führung dienen.

Man bohrt zunächst das Bohrloch so tief, daß die erste Futterröhre eingesetzt werden kann. Im lockeren Boden, z. B. im Sand, wo sich die gebohrte Öffnung nicht offen hält, müssen vor dem Bohren die Futterröhren eingerammt werden. Die Aufstellung des

ersten Futterrohres muß genau vertikal geschehen. Zu diesem Zwecke benützt man Führungsrahmen, welche in der Schachtzimmerung befestigt sind, zur Führung der Futterrohre. Diese werden bis zu einer Tiefe von 6—9 m meist von Holz hergestellt; Holzrohre lassen sich leichter einrammen als schmiedeeiserne. Die geeignetste Holzgattung ist Kiefern- oder Erlenholz. Diese Holzrohre dienen später den meist aus gewalztem Eisenblech hergestellten Steigröhren als Führung. Ganz entbehrlich sind sie nur in Felsen oder kompakten Tonböden.

98. Gattungen der Bohrer. Die Abb. 132 bis 139 zeigen die für verschiedene Bodenarten verwendeten Bohrwerkzeuge.

Abb. 132.

Abb. 133.

Abb. 134.

Abb. 135.

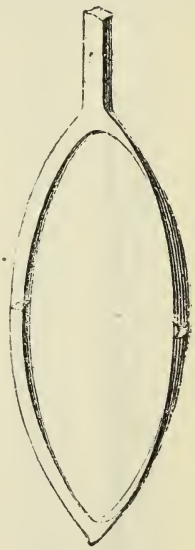

Abb. 136.

Abb. 132 ist der sogenannte Vorbohrer, Abb. 133 der gewöhnliche Erd- oder Schaufelbohrer, Abb. 134 der Sandbohrer, Abb. 135 Löffelbohrer, Abb. 136 zum Bohren in kompaktem Lehm. Für festes Gestein benutzt man Abb. 138, den einfachen Meißelbohrer, Abb. 137, den gekreuzten Meißelbohrer, Abb. 139, den doppelten Meißelbohrer. Der von den letzteren erzeugte Bohrschlamm muß durch eigene Ventilbohrer heraufgeholt werden.

Der Bohrer ist an einer za. 4 m langen schmiedeeisernen Stange befestigt, welche einen Querschnitt von 3—4 cm im Quadrat besitzt. Dringt der Bohrer in die Tiefe ein, so muß ein zweiter Stab an den ersten angesetzt werden. Die Verbindung beider Stäbe muß einfach und solid sein, damit weder ein Abbrechen des Gestänges,

noch ein Lösen an der Verbindungsstelle zu besorgen ist. Die Arten der Verbindung des Gestänges zeigen die Abb. 140 und 141.

Das Bohren geschieht bei Erdbohrern durch eine Drehung des Gestänges, bei Steinbohrern durch Heben und Fallenlassen bei gleichzeitigem, langsamem Drehen. Die Hubhöhe beträgt bei schwerem Gestänge za. 15 cm, bei leichtem Gestänge etwa 30 cm, und zwar mit Hilfe eines Hebels, dessen Armlängen nach der Hubhöhe geregelt werden. In lockerem Boden treibt man die Futterröhren stets vor, so daß der Bohrer das Erdreich aus dem Rohre zu entfernen hat. In festem Boden muß vor jeder weiteren Versenkung der Futterröhren vorgebohrt werden.

Abb. 137.

Abb. 138.

Abb. 139.

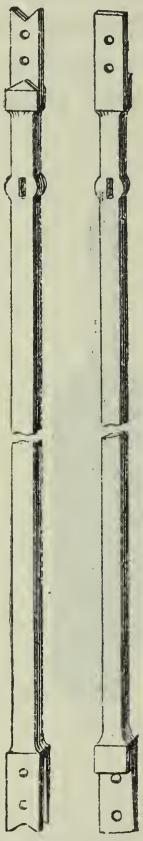

Abb. 140.

Abb. 141.

Ist der Bohrer gefüllt, was aus dem Einsinken des Gestänges beurteilt werden kann, so wird der Bohrer durch das Herauswinden des Gestänges, das gleichzeitig auseinandergenommen wird, gehoben, in der Sohle des Schachtes entleert und gereinigt. Bei tieferem Schachte können größere Teile des Gestänges, z. B. je zwei oder auch mehr Teile beisammen sind. Das Gestänge hängt an einem Tau, das über eine in der Verlängerung desselben angebrachte Rolle läuft und beim Heraufholen auf eine Winde aufgerollt wird. Der entgegengesetzte Vorgang findet beim Versenken des Bohrers statt.

99. Abgebrochene Bohrer und Gestänge. Bei mangelhafter Vorsicht oder schlechtem Bohrmateriale können auch Bohrer oder Gestänge abbrechen, und es kann die Arbeit erst dann fortgesetzt werden, wenn die im Boden befindlichen Bestandteile herausgeschafft wurden. Hierzu verwendet man besondere Fanginstrumente, deren Einrichtung aus den Abb. 142, 143 und 144 ersichtlich ist. Das Fanginstrument Abb. 144, der Krätzer, wird auch zum Heraufholen von Geschieben usw. verwendet.

Jedenfalls gehört das Erfassen der abgebrochenen Teile häufig zu den schwierigsten Aufgaben, die unter Umständen gar nicht gelöst werden können. Ebenso können harte, in schräger Lage befindliche Steinplatten das seitliche Abgleiten des Rohres und ein Verbiegen desselben herbeiführen. Man hilft sich gegen diesen Übelstand in der Weise, daß man den unteren Teil des Bohrloches mit

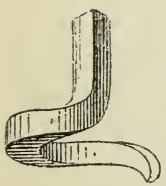

Abb. 142.

Abb. 143.

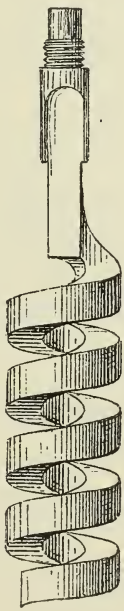

Abb. 144.

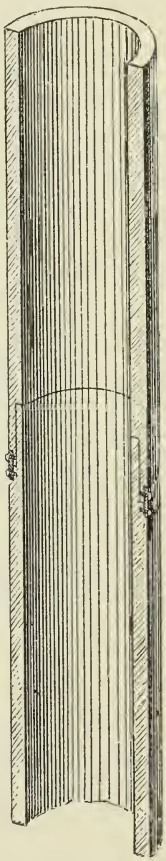

Abb. 145.

Zementmörtel ausfüllt und die Arbeit fortsetzt, sobald der Mörtel fest geworden ist. So erhält der Bohrer in der Zementmasse eine vertikale Führung.

100. Die Futterröhren. Wie früher erwähnt, dienen diese Röhren den Bohrwerkzeugen zur Führung und verhindern das Einstürzen der Bohrwand. Man verwendet zu Futterröhren Röhren

von Holz, Gußeisen oder Schmiedeeisen. Die hölzernen haben den Vorteil des leichteren Einrammens, doch kann deren Längenverbindung meist nicht so hergestellt werden, daß dieselbe wasserdicht wird. Die Verbindung der Holzröhren ersieht man aus Abb. 145.

Die gußeisernen Röhren sind billiger als jene von Schmiedeeisen, sie besitzen jedoch ein größeres Gewicht und sind spröde. Wird daher eine größere Solidität der Röhren beansprucht, so müssen schmiedeeiserne, aus gewalztem Eisenblech hergestellte Futterröhren verwendet werden. Solche Rohre werden nicht wie die Holzrohre direkt eingerammt, sondern bei vorsichtigem Einrammen zugleich gedreht. Die einzelnen Rohre verbindet man untereinander durch 20—30 cm breite Ringe, die durch weiche, im glühenden Zustande von innen eingeführte Nieten mit den Röhren verbunden werden.

101. Das Steigrohr. Nach erfolgter Fertigstellung des Bohrloches wird das Steigrohr eingeführt. Verwendet man Eisenrohre, so empfiehlt sich ein Verzinnen der inneren Höhlung zum Schutze gegen den Rost. Widerstandsfähiger gegen Rost sind gußeiserne Rohre; die größte Dauerhaftigkeit besitzen innen verzinnte Kupferrohre. Nach erfolgtem Einsetzen des Steigrohres wird der Raum zwischen diesem und dem Futterrohre mit hydraulischem Mörtel ausgefüllt. Vielfach verwendet man die Futterrohre zugleich als Steigrohre. In diesem Falle muß der Verbindung der einzelnen Rohrstücke die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden, damit sie vollkommen wasserdicht wird.

Steigt das Wasser nicht bis an die Oberfläche, so pflegt man eine Saugpumpe anzuordnen, die das Wasser entweder dem Rohre direkt oder besser dem Brunnenschacht entnimmt.

γ) Zuleitung von Quellwasser.

102. Wie bereits erwähnt, kann ein in genügender Höhenlage befindliches Quellwasser in einen Behälter gefaßt und durch Röhren weitergeleitet werden. Die vorzunehmende Untersuchung erstreckt sich auf die Ergiebigkeit, Qualität und Tieflage der Quelle. Tritt das Wasser zutage, so kann dessen Ablauf in einer Rinne gefaßt und in ein Gefäß geleitet werden. Der Inhalt dieses Gefäßes dividiert durch die zu dessen Füllung erforderliche Zeit gibt die Wassermenge in der Zeiteinheit. Man pflegt auch Gruben in nassem Grunde zu erstellen und untersucht die Ergiebigkeit mittelst Handpumpen, wobei festgestellt werden muß, wie groß die abgeflossene Wassermenge war, und in welcher Zeit die Grube neuerdings bis zur früheren Höhe gefüllt war. Derartige quantitative Untersuchungen müssen durch einen längeren Zeitraum oder doch während einer

Dürreperiode vorgenommen werden. Häufig konstatiert man durch die Untersuchungen, daß das Grundwasser entlang einer schrägen, undurchlässigen Schichte gleitet. In solchen Fällen empfiehlt es sich, das Wasser durch schiefe, über diese Fläche geführte, in die undurchlässige Schichte einschneidende Gräben abzufangen und diese Gräben nach einem Punkte zusammenzuführen. Häufig werden diese Gräben mit Schotter ausgefüllt, da dieser auf das Grundwasser reinigend wirkt. Diese Gräben vereinigen sich in der sogenannten Brunnstube, einem unterirdischen, aus Trockenmauerwerk hergestellten, mit Steinen gepflasterten Wasserbehälter, durch dessen Ritzen das aus den Gräben und den oberen Schichten rieselnde Wasser in den Innenraum gelangt. Um das Abfließen des Wassers nach tieferen Stellen zu verhindern, wird jene Mauer der Brunnstube, die gegen den Abhang zu gelegen ist, in Wassermörtel aufgeführt. In dieser Mauer liegt auch das Ableitungsrohr der zugehörigen Wasserleitung. Die Brunnstube ist so tief zu versenken, daß die Temperatur des Wassers möglichst gleichmäßig bleibt. Gewöhnlich ist die Sohle des Behälters 2 m unter dem Boden; der Behälter erhält am besten ein Strohdach und ist durch eine gegen Norden liegende versperrbare Türe verschlossen. Kann das Dach überdies eine Erdanschüttung bekommen, so erhält sich das Wasser auch im Sommer kühler. Die Ableitung des Wassers findet, wenn man es nicht direkt der Brunnstube entnimmt, meist durch Röhren statt; die Tieflage derselben ist durch den Wasserstand in der Brunnstube bedingt. Sie müssen stets unter der Wasserfläche liegen. Eine zu tiefe Lage veranlaßt das Mitführen der am Boden abgesetzten erdigen Bestandteile, bei zu hoher Lage des Rohres wird der Staub von der Oberfläche abgeleitet. Die Mündung des Rohres in der Brunnstube soll durch ein Drahtnetz gegen das Eindringen der Amphibien, besonders der Frösche, geschützt sein, da öfters eine Verstopfung der Leitung durch solche Tiere herbeigeführt wird.

Bei den Brunnstuben ist schließlich eine zeitweilige Reinigung vorzunehmen und dafür zu sorgen, daß ein etwaiger Überschuß des Wassers seitlich ablaufen kann.

δ) Die Schlag- und Schraubenbrunnen.

103. Beide Arten von Brunnen, nach deren Erfinder Norton Nortonbrunnen genannt, eignen sich insbesondere in solchen Gegenden, in denen die Bodenschichten weich und sehr wässerig sind; z. B. bei angeschwemmtem Sand- und feinem Kiesboden, besonders wenn in der Nähe fließende Gewässer gelegen sind und das Grundwasser sich in geringerer Tiefe vorfindet. Soll jedoch ein solches hoch-

liegendes Wasser als Trinkwasser benutzt werden, so gebietet die Vorsicht, zu untersuchen, ob das Wasser, wenn es Bächen, Flüssen oder gar stehenden Gewässern entstammt, durch die Bodenschichten auch genügend gereinigt wurde.

a) Schlagbrunnen. Bestehen aus eingerammten, eisernen Röhren von za. 30 cm innerem Durchmesser. Am unteren Ende des Rohres befindet sich (Abb. 146) eine starke Stahlspitze, über derselben ist das Rohr 30 bis 40 cm hoch mit Löchern von za. 4 mm Weite durchbohrt. Durch diese Löcher dringt das Wasser in das Innere des Rohres ein.

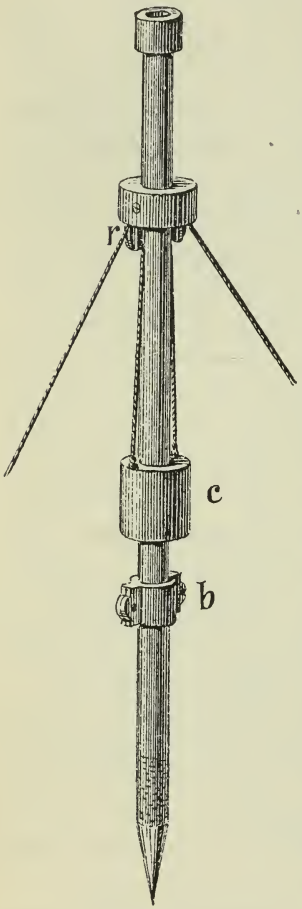

Abb. 146.

Zum Zwecke des Eintreibens des Rohres in den Untergrund benutzt man einen Ring b, der durch Schrauben fest an das Rohr befestigt ist, weiter einen hohlen, za. 40 kg schweren, am äußeren Rohre gleitenden Zylinder, den Fallblock c, der mit über Rollen r führende Seile durch zwei Arbeiter gehoben und fallen gelassen wird. Ist das erste Rohr eingerammt, so kann das nächste Rohr an das versenkte aufgeschraubt, das Rammwerkzeug an das erstere befestigt und das Einrammen fortgesetzt werden, bis ein Senkel die gewünschte Höhe des Wassers im Rohre anzeigt. Auf das oberste Rohr wird noch eine Pumpe angesetzt, um das Wasser zum Ausfließen bringen zu können.

Eine wesentliche Verbesserung haben diese Brunnen durch Le Grand & Sutcliff erfahren. Sie besteht darin, daß man dem untersten Rammrohr eine konische Stahlspitze ansetzt (Abb. 147). Ein Eisenstab, dessen unteres Ende sich in einen stählernen Stempel erweitert, wird im Innern des Rohres gehoben und gesenkt und somit die Stahlspitze und mit dieser das Rohr in den Boden eingetrieben. Die breitere Fläche des Keiles verursacht ein leichtes Eindringen der Röhren in den Boden.

Ein heller Klang beim Aufschlag der Eisenstange zeigt sofort an, daß die Stahlspitze auf einem Stein aufliegt. In der Umgebung von Hamburg wurden solche Brunnen von Desenis und Jacobi bis zu einer Tiefe von 290 m ausgeführt.

b) Die Schraubenbrunnen. Werden nur bei sehr lockerem

Boden und geringeren Tiefen (bis ca. 6 m) angewendet. Sie unterscheiden sich von den vorigen dadurch, daß sie nicht eingeschlagen, sondern in den Boden durch eine schraubenartige Drehung versenkt werden. Dazu benützt man eine mit dem Rohr durch einen Gußstahlkeil fest verbundene Doppelhebelklammer (Abb. 148). Nach teilweiser Versenkung wird die Klammer gelöst und die ganze Hebelvorrichtung in eine höhere Lage gebracht.

Abb. 147.

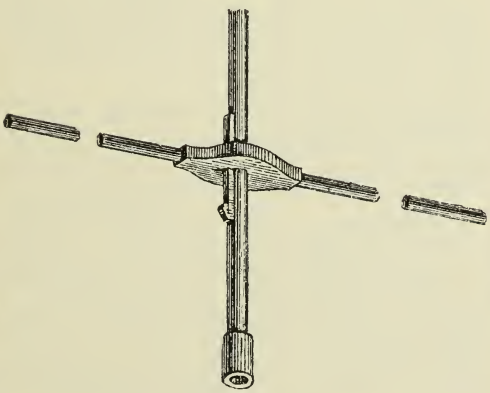

Abb. 148.

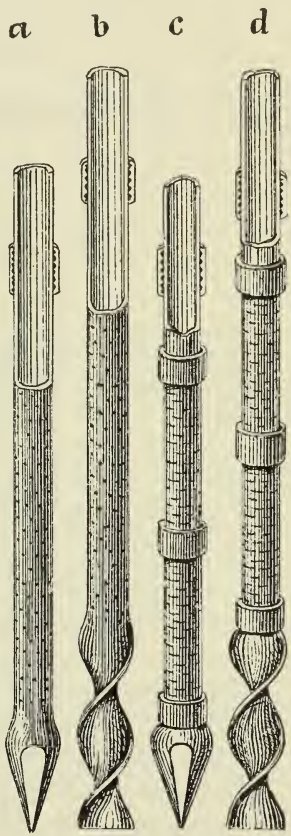

Abb. 149.

Die Spitzen der Röhren beider Brunnenkonstruktionen erhalten je nach der Bodenart verschiedene Formen, und zwar zeigt Abb. 149 a eine gewöhnliche Stahlrammspitze, Abb. 149 b eine gewöhnliche Schraubenspitze, 149 c eine Sandfilterstahlrammspitze, 149 d eine Sandfilterschraubspitze.

Vierter Abschnitt.

Von der Entwässerung und Bewässerung des Bodens.

Einleitung.

104. Die Pflanze bedarf zum Wachstum nebst Licht und Wärme bestimmte Nährstoffe, die sie mittelst ihrer Wurzeln dem Boden entnimmt. Die meisten dieser Nährstoffe müssen vorerst eine Zubereitung erfahren, um für die Pflanzenwurzeln zugänglich zu werden. Dieses besorgt nebst anderen Faktoren die atmosphärische Luft und das Wasser.

Die Zufuhr von Pflanzennährstoffen bewirkt der Landwirt durch eine geeignete Düngung des Bodens. Damit der Dünger in das Wurzelgebiet der Pflanzen gelangt, muß eine Auflockerung des Bodens vorgenommen werden, welche zugleich den Zweck hat, dem Regenwasser und dem Sauerstoffe der Luft das Eindringen in den Boden zu ermöglichen. Das Regenwasser besorgt eine Lösung der Pflanzennährstoffe, die Luft als solche eine Erwärmung des Bodens, der Sauerstoff speziell eine Oxydation jener mineralischen oder organischen Bestandteile, welche erst nach erfolgter Zersetzung den Pflanzenwurzeln zugänglich werden.

Das Gedeihen der Pflanzen hängt daher zum großen Teile von der richtigen Regelung der Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens ab. Diese Regelung zu bewirken ist Aufgabe der Meliorationstechnik.

Die Meliorationen des Bodens erfordern die Vornahme allgemeiner und spezieller Lokalerhebungen. Allgemeiner Art ist eine mehrjährige Beobachtung derjenigen Naturerscheinungen, welche die klimatischen Verhältnisse einer Gegend beeinflussen. Dazu gehören die atmosphärischen Niederschläge, deren Intensität und Verteilung auf die einzelnen Monate und Jahreszeiten, die hierbei beobachteten Unregelmäßigkeiten, der Temperaturwechsel, die Verdunstungsverhältnisse. Diese Beobachtungen sind Gegenstand der Meteorologie. Ferner muß die physikalische Beschaffenheit des Bodens, der Stand des

Grundwasserspiegels, die Gestaltung der Erdoberfläche, sowie die Lagerung und Mächtigkeit der verschiedenen Bodenschichten erhoben und die Tieflage der natürlichen Wasserläufe oder des künstlich zu beschaffenden Abflusses, der Vorflut, festgestellt werden.

Nach diesen Vorerhebungen wird man in der Lage sein, zu beurteilen, inwieweit man imstande ist, durch umfangreiche Maßnahmen die klimatischen Verhältnisse günstiger zu gestalten, oder durch lokale Meliorationen die Wasserverhältnisse des Bodens in geeigneter Weise zu regeln.

Einen außerordentlichen Einfluß übt auf das Klima einer Gegend der Wald aus. Er hält große Mengen des Niederschlagswassers aufgespeichert, die über ihm lagernde Luftschicht ist feucht, die Umgebung des Waldes, sowie relativ kleinere Enklaven werden von den gleichen Verhältnissen beherrscht. Diese Verhältnisse schließen alle Extreme aus. Die Niederschläge sind häufig, doch nicht von elementarer Gewalt, jähe Temperaturwechsel finden nicht statt. Der beständige Luftwechsel über Waldgebieten führt einen Ausgleich der Temperaturen herbei.

Kulturingenieur Němec sagt hierüber in seinem interessanten Werke; „Das Land und das fließende Wasser" u. a. folgendes:

„Gebirge und ausgedehnte Waldungen verringern die durchschnittliche Jahrestemperatur und vermehren die Niederschläge; letztere sind häufiger und sanfter, dagegen auf großen waldlosen Ebenen seltener und stärker."

Ferner: „Eine üppige Vegetation vermehrt die Verdunstung und infolgedessen die Niederschläge einer Gegend und verhindert das Ausdörren dos Bodens, auf den die Sonnenstrahlen nicht unmittelbar einwirken können. Brüche und Moore, Sümpfe und Teiche regulieren die Feuchtigkeitsverhältnisse, den Wasserabfluß und Wasservorrat."

A. Von der Entwässerung des Bodens.

105. Diese Melioration bezweckt die Beseitigung derjenigen Wassermengen im Boden, die auf die Pflanzenproduktion einen nachteiligen Einfluß ausüben. Nasse Böden bezeichnet man mit dem Namen „kalt", da sie tatsächlich eine niedrigere Temperatur hauptsächlich infolge der durch die Verdunstung herbeigeführten Wärmeentziehung aufweisen. Überschüssige Nässe findet man größtenteils in schweren Tonböden, welche die Feuchtigkeit festhalten und undurchlässig sind.

Die Nachteile solcher Böden sind so bedeutend, daß beinahe keine landwirtschaftliche Nutzpflanze in ihnen ihr Fortkommen findet. Zunächst beanspruchen die Kulturen einen wärmeren, an Sauerstoff

reicheren Boden. Bei Frösten ohne Schneedecke wintern die Herbstsaaten häufig aus, da sich im nassen Boden die Wirkung des Frostes tiefer erstreckt als im trockenen. Die bedeutenden Unterschiede in der Temperater bei trockenen und nassen Böden, nach und vor der Bodenentwässerung, zeigen die Versuche von Parkes, nach denen die Wärme im entwässerten Boden in der Tiefe von 0·18 m eine Temperaturzunahme von 10° aufwies. Wenn auch eine derartige Wärmezunahme als selten bezeichnet werden muß, so wurde dennoch durch verschiedene Beobachtungen erwiesen, daß sie stets mehrere Grade umfaßt, was für die Vegetation von bedeutendem Werte sein kann. Ein weiterer Nachteil erwächst aus der späten Bodenbearbeitung im Frühjahre, besonders nach feuchten oder schneereichen Wintern. Diese kann jedenfalls nicht mit der gewünschten Gründlichkeit durchgeführt werden und erfordert trotzdem einen größeren Kraftaufwand. Der Verwesungsprozeß des Düngers wird gehemmt und sein Nutzen im nassen Boden daher verringert. Überdies verdrängen die im sumpfigen Boden gut vegetierenden Sumpfpflanzen und Unkräuter die landwirtschaftlichen Kulturgewächse. Der Boden wird sauer infolge der sich bildenden Humussäuren. Wird dem Boden dagegen die überschüssige Nässe entzogen, so kann dessen Bearbeitung im Frühjahr meist schon um 14 Tage früher beginnen und in eine größere Tiefe vorgenommen werden. Die Pflanzenwurzeln verbreiten sich nach allen Richtungen und holen sich die Nahrung auch aus größerer Tiefe. Die Unkräuter vermindern sich. Die Vegetation wird gefördert, die Reife beschleunigt.

In Erkenntnis der bedeutenden, durch Entwässerungen herbeigeführten Vorteile wurden bereits in allen Ländern große Gebiete, die früher unproduktiv, überdies aber oft Seuchenherde waren, von Staats wegen oder genossenschaftlich entwässert.

Es sei hier auf die großartige Entwässerung des Chianatales in Mittelitalien, ferner des eine Fläche von 12 Quadratmeilen umfassenden Oberbruches in Preußen, die Veenkulturen Hollands und Norddeutschlands hingewiesen.

Die Kennzeichen der Bodennässe treten nicht überall deutlich zutage. Das Wasser befindet sich mitunter in größerer Tiefe, so daß es zwar in das Bereich der Pflanzenwurzeln, keineswegs aber bis zur Oberfläche gelangt, besonders wenn die oberste Schicht einen geringeren Grad von Kapillarität besitzt (S. 81). Auch kann der Boden für gewisse Kulturpflanzen günstige Feuchtigkeitsverhältnisse besitzen, die sich jedoch für andere Pflanzen als nachteilig erweisen. Es läßt sich demnach eine allgemein gültige Regel bezüglich jener Tiefe, bis zu welcher der Grundwasserspiegel gesenkt werden müsse, nicht aufstellen.

106. Vor der Feststellung der Methode, nach der die Trockenlegung eines versumpften Gebietes vorzunehmen sei, müssen Erhebungen gepflogen werden über die *Ursachen der Versumpfung*. Häufig ist in ebenem, durchlässigem Boden das geringe Gefälle eines Gewässers Ursache der Bodennässe. Dieses hat oft auf die Umgebung die Wirkung eines stehenden Wassers. Bei solchen Verhältnissen ist die Beseitigung der überschüssigen Bodenfeuchtigkeit sehr erschwert. Die Mittel, welche die aus dem ungünstigen Laufe des Gewässers hervorgehenden Nachteile für die anliegenden Grundstücke verringern, bestehen im *Durchstich* etwa vorhandener Serpentinen, der *Vertiefung* der Sohle durch Baggerung, *Beseitigung aller* den Wasserzufluß hemmender *Reibungswiderstände*, *Erhöhung* des anliegenden Erdreichs usw. Ähnliche Erfoge können durch eine *Senkung* der Wasserspiegel der *Teiche* und *Seen* erzielt werden.

Die Niederungen der Flüsse und Ströme sind zur Zeit der Hochwässer Überschwemmungen ausgesetzt. Besonders an den Mündungen der großen Flüsse, wo der Lauf des Gewässers träge wird und ein Absetzen der mitgeführten Sand- und Erdteilchen in stärkerem Maße stattfindet, zeigen sich ausgedehnte Moor- und Torfgebiete, deren Entstehung den periodisch wiederkehrenden Überschwemmungen zuzuschreiben ist. Man errichtete zum Schutze des gefährdeten Tieflandes mächtige Dämme entlang der Gewässer; doch auch diese widerstanden oft nicht den Fluten des Hochwassers. Daher sah man sich veranlaßt, den Niederschlagsgebieten der Flüsse selbst eine größere Aufmerksamkeit zuzuwenden, den raschen Zufluß des Regen- und Schneewassers in die Wasserläufe zu hemmen und dadurch auf einen *gleichmäßigen Wasserstand in den Flüssen* hinzuwirken.

107. Die Bedingung, unter der eine Entwässerung durchgeführt werden kann, besteht zunächst in der Möglichkeit, das in einer gewissen Tiefe zusammengeführte Wasser nach einer tieferen Stelle abzuleiten. Gewöhnlich nehmen die *natürlichen Wasserläufe* diese tiefste Lage im Gelände ein und werden demnach auch zur Aufnahme des Drainwassers benützt. Sie führen dann den Namen *Vorflut*. Die Vorflut darf natürlich niemals jene Höhe erreichen, daß das Wasser in die Entwässerungskanäle zurückgestaut werden und diese mit Schlamm anfüllen könnte. Bei ungünstigen Vorflutverhältnissen pflegt man daher das gesammelte Wasser in einen Graben, der ein kleineres Gefälle erhält als der natürliche Wasserlauf, entlang des letzteren zu leiten. So gelangt das Drainwasser allmählich in jene Höhe von der aus es in den natürlichen Vorflutrezipienten überführt werden kann. Sind die Niveauverhältnisse und sohin die Lage der Vorflut in bezug auf das zu ent-

wässernde Gebiet ungünstig, so muß eine Hebung des Wassers durch Maschinen stattfinden. Die mit solchen Anlagen verbundenen Kosten hängen insbesondere von der Größe des zu entwässernden Objekts, der Hubhöhe und den zur Verfügung stehenden Motoren (Wasserkraft, Dampfkraft, Windmotoren) ab. Jedenfalls verteuert dieser Umstand eine Entwässerungsanlage wesentlich und kann auch deren Rentabilität in Frage stellen.

Besitzt die undurchlässige Bodenschicht, auf der sich das Wasser aufstaut, eine geringere Mächtigkeit und befindet sich unter ihr eine Schotter- oder Kieslage von größerer Ausdehnung, so kann eine Versenkung des Wassers in den Untergrund stattfinden. Das obere Reservoir A (Abb. 150) nimmt zunächst das Drainwasser auf. Die etwa vom Wasser mitgeführten Sinkstoffe setzen sich in diesem Behälter ab, so daß in den Untergrund nur das gereinigte Wasser gelangt. Dieses ergießt sich aus dem in Trockenmauerwerk aufgeführten unteren Reservoir B durch dessen Fugen in die dasselbe umgebende Schotter- oder Kiesschicht, in der es sich weiter verbreitet. Ähnlich kann eine Versenkung des Wassers in den Untergrund bei geringer Mächtigkeit der undurchlässigen Tonschichte in der Weise vorgenommen werden, daß man in gewissen Entfernungen durch diese Schichte Löcher mittelst eines Erdbohrers erstellt und diese mit Rundhölzern oder Steinchen ausfüllt. Man nennt diese Methode der Entwässerung die holländische Drainage.

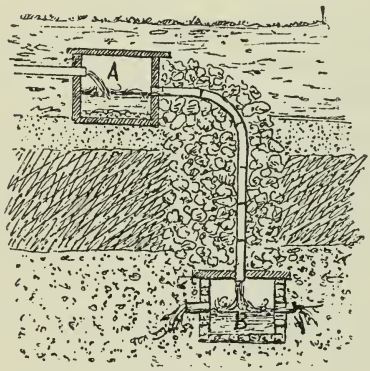

Abb. 150.

Endlich können im Boden solche Verhältnisse vorhanden sein, daß das Wasser an einer Stelle oft aus größerer Tiefe hervorquillt, besonders, wenn es unter hydrostatischem Drucke steht. Ein solches Wasser vermag ein größeres Gebiet zu versumpfen, indem es sich im Untergrunde verbreitet. Gelingt es, die Quelle im Ursprunge zu fassen, z. B. an jener Stelle, wo es durch Risse oder Spalte in der wasserundurchlässigen Schichte hervorquillt, so ist die Ursache der Versumpfnng in einfachster Weise behoben. Auch kann das Grundwasser durch entsprechend tief eingeschnittene Entwässerungsgräben oder auch durch sogenannte Kopfdrains (siehe Drainage) an den Grenzen der Grundstücke abgefangen und seitwärts abgeleitet werden.

Nebst den bereits erwähnten Methoden findet die Bodenentwässerung statt:

a) durch Erhöhung des Bodens (Kolmation),
b) durch eine Senkung des Grundwasserspiegels (Drainage).

a) Die Kolmation.

108. Unter Kolmation versteht man die Erhöhung des natürlichen Bodens durch ein aufzuleitendes, Sinkstoffe führendes Wasser. Diese Melioration kann sowohl die Entsumpfung von Ländereien, als auch eine Verbesserung sterilen Bodens durch aufgeschwemmtes Land zum Zwecke haben. Es wurde bereits erwähnt, wie bedeutend die Mengen der festen Bestandteile sind, welche die Bäche und Flüsse, insbesondere bei höheren Wasserständen, mit sich führen. Durch die Kolmation werden diese fruchtbaren Bestandteile den Grundstücken zugeführt und so deren Wert erhöht.

Das Wasser, das auf die höher zu legende Fläche geleitet wird, muß auf ihr stagnieren, damit die mitgeführten Stoffe Zeit finden, sich abzusetzen. Handelt es sich nur um eine Bodenerhöhung, so muß ein häufiges Wechseln des eingeleiteten Wassers erfolgen. Die Bodenerhöhung schreitet dann rascher vorwärts, man verliert jedoch die feineren suspendierten Erdteilchen.

Die Grundstücke, die durch Kolmation zu erhöhen sind, müssen durch kleine Dämme eingeschlossen werden. Eine solche Umwallung bringt man bei horizontalen oder schwach abfallenden Lagen auf allen vier Seiten an, bei geneigtem Gelände an der unteren Seite der betreffenden Lehne.

Zum Zwecke der Kolmation wird die zu erhöhende Fläche zunächst durch einen Graben eingeschlossen und die gewonnene Erde zur Herstellung des ca. 0·4—0·5 m hohen Dammes, dessen Krone eine horizontale Ebene bildet, benutzt. Der innere Raum ist überdies durch niedrigere Dämme in Unterabteilungen geteilt. Das eingeleitete Wasser steigt allmählich und setzt in der ersten Abteilung die meisten Sinkstoffe ab. Nach erfolgter Kolmation der ersten Abteilung wird der Zwischendamm der fertigen Abteilung erhöht und das Wasser direkt in die zweite geleitet. Das Ein- und Ablassen des Wassers findet durch einfache Schleusen statt, die Schütze der Ablaßschleuse besteht aus schmalen Versatzbohlen. Durch das Abnehmen der obersten Bohlen senkt sich der Wasserspiegel um die Höhe derselben. Diese Art Kolmation nennt man intermittierend; das Wasser wird nach je 12 oder 24 Stunden gewechselt.

Bei der kontinuierlichen Kolmation läuft das Wasser durch eine Öffnung im Damme zu, auf der entgegengesetzten Seite ab, so daß der Wasserspiegel in der gleichen Höhe erhalten bleibt.

In beiden Fällen muß das Ablassen des Wassers so stattfinden, daß eine stärkere Strömung vermieden wird, damit die bereits abgesetzten Erdteilchen vom Wasser nicht mitgerissen werden. Als Beispiel einer Kolmation in großem Maßstabe möge die bereits besprochene Entwässerung des Chianatales hier Erwähnung finden. Das Chianatal, das gegenwärtig zu den fruchtbarsten Distrikten Italiens gehört, umfaßt eine Fläche von über 10 000 ha. Auch in anderen Teilen Oberitaliens, in mehreren Gebieten des südlichen Frankreichs und im westlichen Deutschland wird die Kolmation in größerem Maße angewendet.

Schwieriger gestaltet sich die Kolmation eines Abhanges. Die Dämme schließen mit ihren Enden an dieselbe Schichtenlinie an, erhalten daher in der Mitte des muldenförmigen Terrains die größte Höhe, und gehen an ihren Enden vollständig in das Gelände über. Wird das Wasser in die oberste Abteilung eingelassen, so füllt es sie bis zur Höhe der Dammkrone an und wird sodann in die nächste Abteilung abgelassen. Den Wasserlauf führt man um die Wälle. Durch die nach der Kolmation vorzunehmende Bodenbearbeitung werden die Terrassen allmählich beseitigt.

b) Entwässerung durch Senkung des Grundwasserspiegels.

Diese wird durchgeführt:
α) durch Anwendung offener Abzugsgräben,
β) durch unterirdische Abzugskanäle (Drainage).

α) Entwässerung durch offene Abzugsgräben.

109. Bei allen feinkörnigen Bodenarten ist der Abfluß des Grund- wie auch des Tagwassers gehemmt, und es müssen demnach zur rascheren Abführung des Regenwassers Abzugsgräben angelegt werden. Bezweckt man mit diesen Gräben die Ableitung des Tageswassers, so genügen meist einfache, mit dem Pfluge zu erstellende Furchen, die in der Richtung des Wasserabzuges in einer solchen Zahl angelegt werden, daß der gesamte Niederschlag, soweit er oberirdisch abläuft, durch diese Gräben abgeleitet wird, ohne den Ackerboden wegzuschwemmen. Im abfallenden Terrain ist darauf zu achten, daß die Furchen kein zu starkes Gefälle erhalten, damit das Wasser infolge bedeutender Geschwindigkeit nicht den Graben aufreißt und damit auch den Acker beschädigt. Die Wassermengen, welche die einzelnen Wasserfurchen zuführen, vereinigen sich am Saume der Grundstücke, und wird das Wasser sodann von größeren Gräben

aufgenommen, die man am zweckmäßigsten in der Talsohle, womöglich entlang der Feldwege führt.

Die Bodenbearbeitung in der Ebene wird vielfach in der Weise vorgenommen, daß durch entsprechendes Ackern gewölbte Tafeln von ca. 10—14 m Breite gebildet werden, welche durch seichte Gräben geschieden sind. Nach Thaer (Rationelle Landwirtschaft, Band 3) soll diese Erhöhung im Maximum 0·2 m betragen.

Vor der Entwässerung eines größeren versumpften Geländes besorgt man zunächst die Vorflut. Häufig erstellt man zu diesem Zwecke größere offene Kanäle, die das gesamte Gebiet nach allen Richtungen durchschneiden und die tiefste Lage desselben einnehmen. Bei der Urbarmachung ausgedehnter Moorgebiete werden sogar große Schiffahrtskanäle angelegt, auf denen die gewonnenen Torfmassen zum Transport gelangen und die auch dauernd den Verkehr vermitteln.

Die offenen Gräben werden, wenn auch in neuerer Zeit nur unter gewissen Verhältnissen, auch zum Zwecke der unmittelbaren Ableitung des Grundwassers erstellt. Diese Methode der Entwässerung hat mehrere Nachteile. Bei der erforderlichen Tieflage der Grabensohle erhält der Graben, insbesondere in trockenem Boden, eine bedeutende Breite, so daß der Bodenproduktion ein großer Teil der Grundfläche entzogen wird. Die Herstellung und Erhaltung der Gräben, deren Seitenwände überdies leicht bei Frostwetter abbröckeln, ist meist kostspieliger als die vollkommene Röhrendrainage, abgesehen davon, daß die entwässernde Wirkung der Gräben schon aus dem Grunde eine geringere ist, da letztere nicht dicht genug (meist 20—50 m) angelegt werden können. Auch bieten die Gräben bedeutende Verkehrshindernisse, welche kostspielige Brückenanlagen und Durchlässe zu ihrer Übersetzung beanspruchen. Die Entwässerung durch offene Abzugsgräben wird sich daher nur dann empfehlen, wenn, wie dies in ebenen Lagen oft der Fall ist, diese Gräben zugleich zeitweilig als Bewässerungsgräben verwendbar sind, ferner bei der Abfuhr großer Wassermengen von der tiefsten Stelle eines Sumpfgebietes, bei Gärten und Waldungen, wenn man für die Röhrendrainage das Einwachsen der Baumwurzeln in die Drains befürchtet usw.

β) Trockenlegung der Grundstücke durch Drainage.

110. Diese Methode besteht in der Anlage unterirdischer Entwässerungskanäle.

Schon im 18. Jahrhundert begann man in England die älteren Methoden der Drainage einzuführen, doch erst gegen die Mitte des

19. Jahrhunderts, als die Bedeutung der Tonröhren für die Bodenentwässerung gewürdigt wurde, fand die Drainage auch am Kontinent eine allgemeine Anerkennung und Verbreitung *).

I. Die älteren Methoden der Drainage.

111. Diese Methoden finden bei den gegenwärtig billigen Preisen der Tonröhren und der Einfachheit der Herstellung einer Röhrendrainage eine immer seltenere Verwendung. Nur wenn das Material für diese alten Systeme sehr einfach zu beschaffen ist, können sie als Notbehelf angewendet werden.

Man benutzt:

a) Die Torfdrains nach Abb. 151. Sie werden mit Spaten von der der Querschnittslinie entsprechenden Form aus Torf gestochen und sodann gründlich getrocknet. Dadurch erhalten die Torf-

Abb. 151.

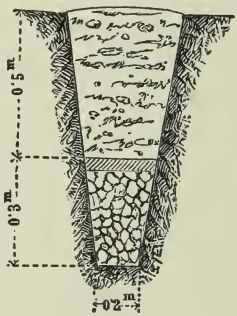

Abb. 152.

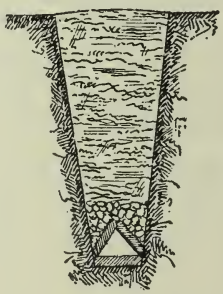
Abb. 153.

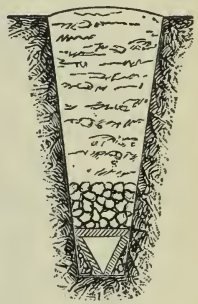
Abb. 154.

ziegel jenen Grad von Festigkeit und Dauerhaftigkeit, der sie für unterirdische Leitungen, besonders für die Entwässerung des Torfes und Moores geeignet macht. Sie sind den gewöhnlichen Steindrains vorzuziehen.

Ein Arbeiter stellt in einem Tage 2—3000 Stück Torfdrains her.

b) Drains aus kleingeschlagenen eckigen Feld- oder Lesesteinen, Abb. 152. Die ausgehobenen Gräben füllt man ca. 30—40 cm hoch mit Steinen von möglichst unregelmäßiger Form an; die Breite der Grabensohle beträgt ca. 15—20 cm. Der übrige Raum wird mit Erde ausgefüllt. Zwei Arbeiter können 55

*) Insbesondere wirkten in Deutschland Vincent und Dünkelberg bahnbrechend auf diesem Gebiete der Meliorationstechnik, welche zu einem der wichtigsten Kulturmittel geworden ist zur Steigerung der Erträge der Landwirtschaft. Hervorragend arbeiteten auch an der Entwicklung der Grundlagen für Be- und Entwässerungen die durch ihre großen Spezialwerke bekannten Fachmänner Friedrich, Perels, Schewior, Vogler u. a.

bis 65 m Steindrains fertig stellen; für 10 m Länge benutzt man 1 m^3 Steine.

Die Bewegung des Wassers wird in solchen Drains bedeutend gehemmt. Dadurch kann auch eine Verschlammung leicht herbeigeführt werden. Besser sind die in den Abb. 153 und 154 ab gebildeten Steindrains aus Steinplatten gebildet, über denen sich eine Steinschüttung befindet. Von diesen ist die letztangeführte die zweckmäßigere. Jedoch auch hier tritt leicht eine Verschlammung ein, da sich selten Steinplatten finden, die vollkommen schließen und keine Erdteilchen eindringen lassen.

Drains aus scharf gebrannten Ziegeln mit oder ohne Sohlenplatte. Die erstere Anordnung veranschaulicht Abb. 155. Der Kanal ist 15 cm hoch und 8—15 cm breit, doch können zu diesem Zwecke eigens Ziegel von kleineren Abmessungen gebrannt werden. Damit keine Verschlammung der Kanäle eintreten kann, trifft man verschiedene Vorkehrungen. Man legt die Drains in ein möglichst starkes Gefälle, überlegt sie mit einem Materiale, das die erdigen Materialien zurückhält, z. B. klein geschlagene Steinchen, Flachsabfälle, Rasen usw.

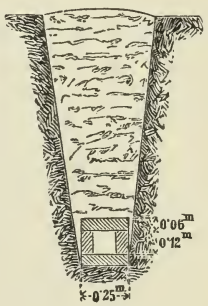

Abb. 155.

Allen diesen Systemen haftet der Fehler an, daß sie größere Abmessungen erhalten müssen und demnach auch größere Erdaushebungen bedingen. Trotzdem ist die Leitungsfähigkeit einzelner, z. B. der Drains aus Schottersteinen, infolge der durch die Steine bewirkten Gefällsverluste wesentlich verringert.

Die Gräben werden meist nur bis zu einer oft ungenügenden Tiefe von 0·7—0·9 m ausgehoben. Größere Tiefen ergeben bedeutende Aushubmassen; der Richtung nach kommen sie in das größte Gefälle, falls dasselbe nicht zu bedeutend ist (S. 161). Der geringen Wirkung wegen werden diese Drains nur bei sehr durchlässigem Boden und bei besonders guter Ausführung in denselben Entfernungen, wie bei Röhrendrains angegeben, angewendet. Die zur Ausfüllung verwendeten Steine müssen frei von erdigen Beimengungen und gut geschlichtet sein. Am besten empfehlen sich harte eckige Bruchsteine, Brocken von Klinkern oder Schlacken.

Der Kostenpunkt der Erdarbeit kann nach der vorangestellten Preisanalyse (S. 23) berechnet werden; für erschwerte Arbeit und Planierung der Grabenwände ist jedoch 20 % zum Arbeitslohn zuzuschlagen. Der Preis der Steine hängt ab von den Gewinnungs- und Zufuhrskosten. Die Vergebung der Arbeiten im Akkordwege findet gewöhnlich nach dem laufenden Meter statt; der Einheitspreis hierfür läßt sich aus dem Kubikmaße ableiten.

II. Die Röhrendrainage.

112. Durch keine Methode wird der Zweck, dem Boden das überschüssige Wasser zu entziehen, so vollkommen, meist auch mit den geringsten Kosten erreicht, wie durch eine Röhrendraingge. Sie besteht in der Anwendung von Tonröhren zu unterirdischen Leitungen, die das Grundwasser aufnehmen und der Vorflut zuführen.

Das Wasser gelangt in die Röhren durch die Stoßfugen zwischen ihnen. Diese sind jedoch so klein zu halten, daß keine Erd- oder Sandteile in das Innere der Röhren eindringen können. Der leere Raum der Drainleitung setzt dem einfallenden Wassertropfen aus der nächsten Umgebung der Stoßfuge keinen Widerstand entgegen. Die leichte Beweglichkeit und Teilbarkeit der Wassertropfen, sowie deren Schwere bewirkt es, daß die angrenzenden Tropfen die verlassene Stelle einnehmen und den eingedrungenen Wasserteilchen sofort nachfolgen, und zwar um so rascher, je größer der Wasserdruck ist, unter dem sie stehen, und je geringer die Wasserkapazität der betreffenden Bodenart ist. So bahnt sich das Wasser allmählich Wege zu den Stoßfugen, und die früher kompakten und homogenen Erdmassen werden allmählich mürbe und krümelnd. Diese Wirkung der Drainage tritt bei sehr bündigem Tonboden erst nach längerer, oft 2—3 jähriger Tätigkeit in vollem Maße ein; auch zeigt sich die Wirkung eines Regens bei Tonböden meist nicht während desselben, sondern nach demselben. Im lockeren Sandboden dagegen dringt das Regenwasser sofort in die Drains.

Zur Bodenentwässerung durch die Drainage sind zweierlei Röhren notwendig. Solche, die zur unmittelbaren Entwässerung des Bodens bestimmt sind — die Saugdrains —, und jene, welche die gesammelten Wassermengen der Saugdrains aufnehmen und ableiten, die Sammeldrains.

1. Von den Saugdrains.

113. Bei der Feststellung der Lage der Saugdrains muß eine Reihe von Umständen Berücksichtigung finden, die auf das Gedeihen der Pflanze einen Einfluß ausüben. In allen Fällen muß das Grundwasser möglichst rasch bis zu jener Tiefe hinabgeführt werden, bei welcher der Entwicklungsprozeß der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen nicht mehr geschädigt wird. Anderenteils muß auch berücksichtigt werden, daß eine zu gründliche Bodenentwässerung, insbesondere bei Wiesen, und wenn die Niederschläge nicht ausreichend sind, Nachteile anderer Art zur Folge hätte. Es sind demnach vor der Anlage Untersuchungen notwendig, durch die festgestellt wird, ob

die Versumpfung das unmittelbare Ergebnis ist von atmosphärischen Niederschlägen, die auf undurchlässigem Untergrunde stagnieren, oder ob das Grundwasser von irgendwelchen unterirdischen Zuflüssen gespeist wird. Auf diese Umstände Bezug habende Untersuchungen finden durch Anlage von Probegruben statt, die am besten an besonders nassen Stellen auszuheben sind. In diesen soll man sowohl die Lagerung der wasserführenden wie auch der undurchlässigen Erdschichten, die Richtung und Stärke des etwa zufließenden Grundwassers, die Dichte des Bodens usw. feststellen. Diese Erhebungen dienen als Grundlage für die Feststellung der Richtung, Tiefe, Entfernung und Abmessungen des Saugdrains.

a) Von der Richtung der Saugdrains.

114. Die Ansicht über die den Saugdrains oder Saugern zu gebende Richtung machte im Laufe der Zeit verschiedene Wandlungen durch. Grundsätzlich handelt es sich stets darum, das Wasser von den trocken zu legenden Grundstücken mit einem möglichst geringen Kostenaufwand und in kurzer Zeit abzuleiten. Dies wird einesteils erzielt, wenn ein entsprechend großes Gefälle den raschen Wasserabfluß begünstigt, andernteils die Sauger jene Lage erhalten, bei der sie von vielen sich im Untergrunde fortbewegenden Wasseradern gekreuzt werden. Da nun dieser Abfluß in der Richtung des größten Gefälles stattfindet, so würde augenscheinlich die größte Wassermenge in solche Sauger gelangen, die mit der Richtung der Schichtenlinien zusammenfallen. In dieser Lage wäre jedoch der Wasserabfluß in den Saugern verzögert. Mit Rücksicht auf die zulässige Minimal- und Maximalgeschwindigkeit des Wassers in den Röhren (S. 114) muß demnach jene Lage für die Sauger ausgemittelt werden, die die günstigsten Verhältnisse für die Wasserabfuhr schafft. Die geringste Geschwindigkeit des Wassers in Saugdrains von 4 cm Lichtweite soll nicht unter 0·15—0·2 m sinken, was einem Gefälle von 0·25 % entspricht. Ch. A. Vogler bezeichnet in seinem gediegenen kulturtechnischen Werke diese abweichenden Drainagearten mit „Längsdrainage" und „Querdrainage" (erstere in der Richtung des größten vorhandenen Gefälles, letztere quer über dieses Gefälle) und empfiehlt grundsätzlich von der Querdrainage auszugehen und erst dann zur Längsdrainage überzugehen, sobald die flache Terrainlage die Anordnung der Sauger in das größte Gefälle erfordert, nämlich bei einer Neigung des Terrains von unter 0·4 %. Der genannte Verfasser weist die Richtigkeit dieser Behauptung durch eine theoretische Erwägung nach. Zweiffellos sind bei Beurteilung dieser Frage auch verschiedene andere Faktoren als das Bodengefälle in Betracht zu

ziehen, z. B. die größere oder geringere Durchlässigkeit des Bodens, die Tieflage der Drains, deren Entfernung usw., um für die Saug-

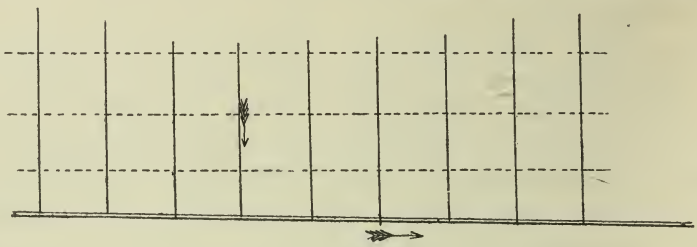

Abb. 156.

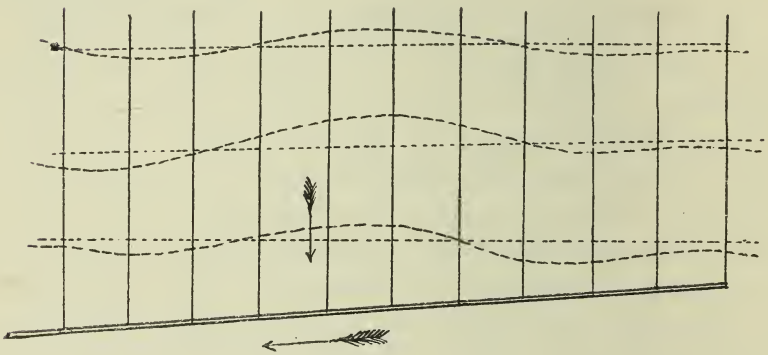

Abb. 157.

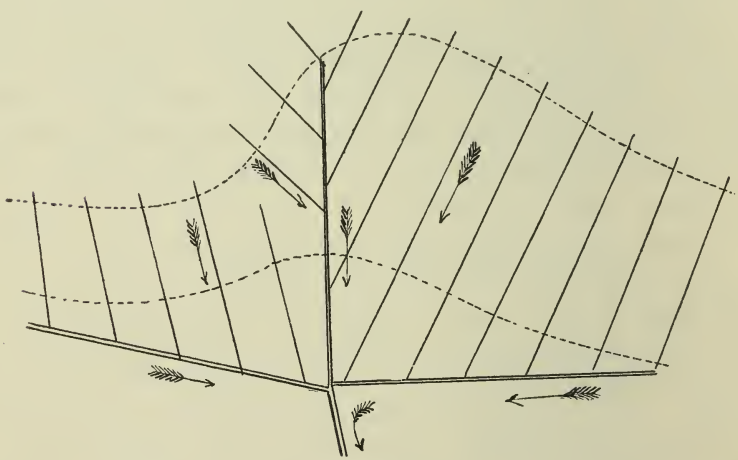

Abb. 158.

drains jene günstigste Richtung zu ermitteln, bei welcher die Leitungen in kürzester Zeit gefüllt sind und das Grundwasser bei ökonomischster Verwendung der verschiedenen Drainrohrweiten raschest abgeleitet

wird. Daraus ergibt sich der Mittelweg zwischen Längs- und Querdrainage. Nicht unerwähnt mag bleiben, daß L. Vincent, der auf dem Gebiete der Meliorationstechnik als Autorität gilt, nur die

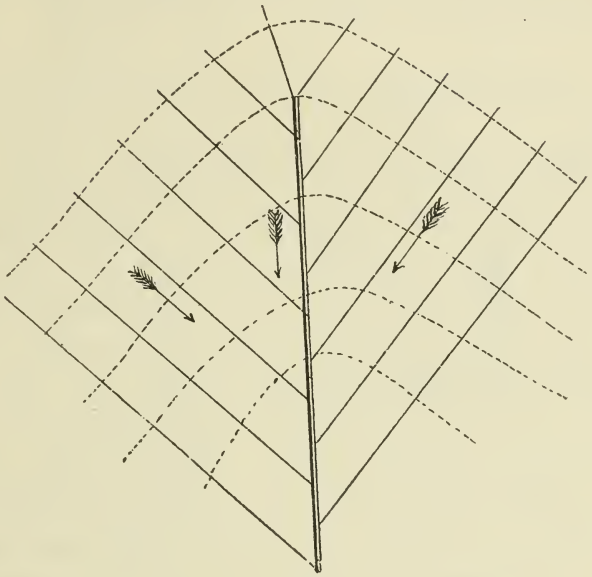

Abb. 159.

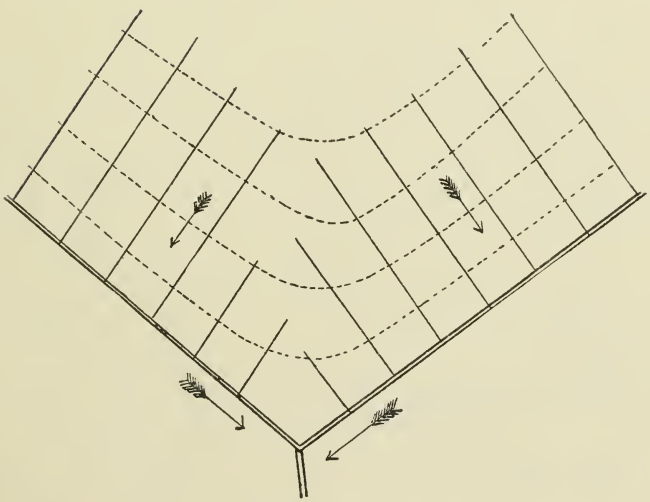

Abb. 160.

Längsdrainage als empfehlenswert bezeichnet. Die Abb. 156, 157, 158, 159 160 und 161 zeigen Beispiele über die Anordnung einer Längsdrainage. Dabei ist natürlich ein kleines Gefälle (ein geringer Höhenabstand der Schichtenkurven) vorausgesetzt. Wie aus den Ab-

bildungen ersichtlich, werden die Saugdrains tunlichst parallel angeordnet. Auch gleicht man (Abb. 157) die Schichtenlinien annähernd gerade aus und führt bei der Längsdrainage die Drains senkrecht zu diesen Ausgleichenden. Abb. 160 zeigt das Drainsystem für die Entwässerung eines Rückens, Abb. 159 jenes für eine Mulde.

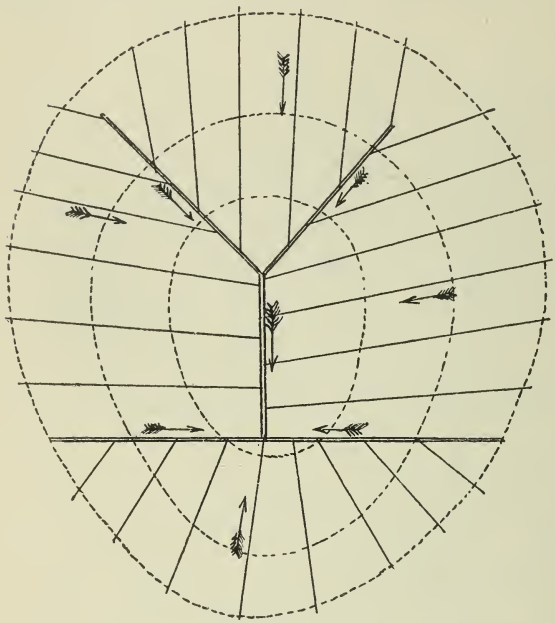

Abb. 161.

Größere Schwierigkeiten bietet der Projektentwurf einer Drainanlage für Talkessel (Abb. 161). Bei ihnen ist zwar die Entwässerung der Hänge unschwer zu bewerkstelligen, jedoch pflegen sich der Ableitung des Wassers durch die Sammeldrains Schwierigkeiten entgegenzustellen. Es mangelt da die Vorflut.

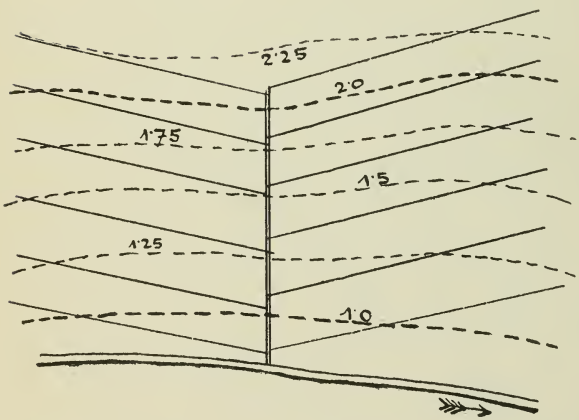

Abb. 162.

Ob diese mittelst eines Durchstiches, einer Flachlegung der Sammeldrains bei möglichst geringem Gefälle derselben oder durch eine maschinelle Wasserhebung stattzufinden hat, oder

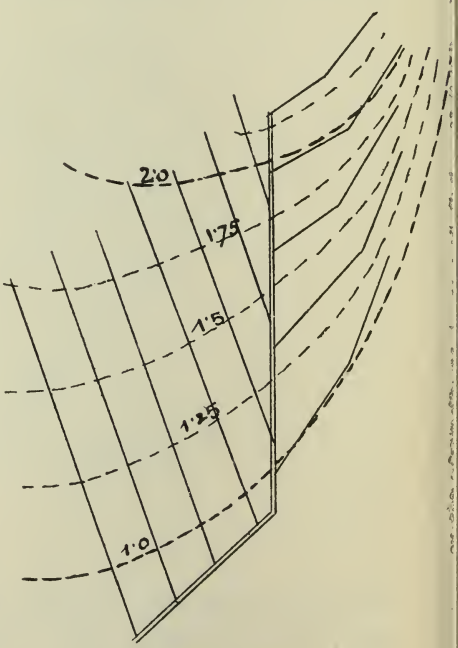

Abb. 163.

ob man sich erst auf die Entwässerung der höher gelegenen Abhänge beschränken muß, hängt von den lokalen Verhältnissen ab.

In Abb. 162 ist eine Querdrainage und in Abb. 163 der Übergang von der Querdrainage zur Längsdrainage dargestellt.

b) Die Tiefe der Saugdrains.

115. Die Wirksamkeit des Saugdrains nimmt *mit der Tiefe* derselben zu, nachdem das Eindringen des Wassers in die Drains infolge stärkeren Gefälles erleichtert wird. Erwiesen wird diese Behauptung durch die beobachtete Tatsache, daß von mehreren übereinander angeordneten, also in verschiedenen Tiefen gelegenen Drains die untersten zuerst Wasser geben und auch zuletzt zu funktionieren aufhören. Sie arbeiten unter einem stärkeren Wasserdrucke. Andererseits muß berücksichtigt werden, daß die Kosten des Grabenaushubs mit der Tiefe zunehmen, und eine bedeutendere Senkung des Wasserspiegels dem Pflanzenwuchs unter Umständen nachteilig werden kann. Stagniert das Wasser auf einer undurchlässigen Schichte, so empfiehlt es sich, die Saugdrains in dieselbe zu verlegen, so lange sie eine Tiefe von 1·7 m bis im Maximum 2 m nicht übersteigt. Ist jedoch der Boden selbst bündig und undurchlässig, so daß die Bodennässe vom Tagwasser herrührt, so genügt eine Drainage in geringerer Tiefe. Für Wiesen gilt 1 m als die geringste Tiefe, für Äcker pflegt man 1·25 m anzunehmen. Mit Rücksicht auf die kapillare Wirkung in den verschiedenen Bodenarten kann man annehmen, daß das überschüssige Wasser eine durchschnittliche Tiefe von 0·6 m bei Wiesen, 1·0 m bei Äckern, 1·2 m bei Gärten erreichen soll. In Waldungen und Gärten muß der Gefahr des Einwachsens der Baumwurzeln Rechnung getragen werden; dies geschieht, indem man die Drains in eine Tiefe von über 2 m legt.

Auf Grund langjähriger Erfahrungen ist man zu der Überzeugung gekommen, *daß die durchschnittliche Tiefe von* 1·25 m *für Äcker sowohl wie für Wiesen die geeignetste sei*, und es werden daher die meisten Drainagen in dieser Tiefe angelegt. Die nachteilige Wirkung des stagnierenden Wassers auf die Pflanzen macht sich nämlich in dieser Tiefe selten fühlbar.

Die Fröste üben auf die Drainröhren keinen schädigenden Einfluß aus, und auch die Pflanzenwurzeln reichen nicht so tief, daß sie die Leitungen verstopfen könnten.

Eine strenge Einhaltung dieses Maßes hätte bei unebener Oberfläche zur Folge, daß die Drains ein sehr ungleichmäßiges Gefälle erhalten, und selbst Gegengefälle entstehen würden. Da es nun andererseits erwünscht ist, daß die Drains ein *möglichst gleich-*

mäßiges Gefälle erhalten, damit auch der Wasserabfluß ein gleichmäßiger würde, so geht man nach dem Grundsatze vor, die Drains so lange parallel zur Erdoberfläche zu legen, als infolge der Terrainformation kein Gegengefälle entsteht und daher auch kein Rückstau des Wassers im Drainstrang zu befürchten ist. Man muß daher, besonders bei ungünstigen Niveauverhältnissen, das Gefälle sorgfältig prüfen, damit die erzielte Spülkraft des Wassers imstande ist, die etwa in die Drains eingedrungenen Erd- und Sandteilchen in die Vorflut hinauszutragen.

c) Entfernung der Saugdrains.

116. Diese hängt ab von der Tieflage der Drains, der Menge des vorhandenen Wassers, sowie von dem Grade der Durchlässigkeit des Bodens. Die richtige Feststellung dieser Entfernung ist für eine entsprechende Wirksamkeit einer Drainage von wichtigem Einfluß. Die Tieflage der Drains ist nach dem früher Gesagten feststehend; maßgebend sind daher für die Wahl der Entfernung der Saugdrains die letzterwähnten Umstände.

Die Menge des vorhandenen Wassers läßt sich meist nur relativ — im Vergleiche mit anderen bekannten Verhältnissen — feststellen, denn eine direkte Messung der vorhandenen Mengen des Stauwassers ist mit Rücksicht auf dessen ungleichmäßige Verteilung undurchführbar. Einen ungefähren Anhaltspunkt über die abzuführenden Wassermengen geben die örtlichen atmosphärischen Niederschläge, die in Österreich und Deutschland im Jahresdurchschnitt 0·5 m ergeben. In manchen Jahren kommen wohl auch bedeutende Abweichungen in den Niederschlägen vor. Besser ist es, die Verteilung der atmosphärischen Niederschläge auf die einzelnen Monate zu berücksichtigen, wobei in erster Linie die Frühlingsmonate März und April, die Zeit des schmelzenden Schnees und der häufigen Regen, in Betracht kommen. Findet dieses Schmelzen der Schneemassen — einen nicht gefrorenen Untergrund vorausgesetzt — allmählich statt, so läuft nur ein kleiner Teil des Wassers oberirdisch ab; der größte Teil dringt in den Boden ein und sättigt ihn in dem Maße, daß die Bodenbearbeitung unmöglich wird. Berücksichtigt man überdies, daß die Verdunstung im Frühjahre sehr gering ist, so hat man jene Umstände zusammengefaßt, aus denen die an die Drainage zu stellenden Anforderungen ermessen werden können. Nach Vincent soll die Drainage imstande sein, in 15 Tagen das in einem Monat eingedrungene Wasserquantum von 1000 cbm abzuführen, was einer Wassermenge von 0·000772 cbm = 0·772 Liter für Hektar und Sekunde entspricht. Andere Autoren

geben die sekundlich abzuführende Wassermenge mit 0·575 Liter (Leclerc), 0·368 Liter (Hervé Mangon) an. In Norddeutschland wird den Berechnungen gegenwärtig meist die Zahl 0·65 Liter zugrunde gelegt.

Sehr wesentlich ist auch der Einfluß der Bodengattung auf die Funktionierung der Drainage. Schwere Tonböden haben einen hohen Grad von Wasserkapazität und setzen der Fortbewegung des Wassers im Untergrunde einen wesentlich größeren Widerstand entgegen als z. B. der Sandboden. Man wird daher in lockeren Bodenarten die Saugdrains in viel größeren Entfernungen voneinander projektieren können als in bündigem und schwer durchlässigem Boden. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes empfiehlt Vincent in seinem Werke: „Die Drainage" Seite 44:

„Man mache in unserem gewöhnlichen lehmigen, mit Sandadern durchzogenem Boden die Entfernung der Stränge gleich der 12fachen Tiefe, steige bei doppelter Tiefe bis zur 17fachen und bei durchlassenderem Boden je nach dem Grade der Durchlässigkeit bis zur 25fachen, und lege sie verhältnismäßig enger erstens nur da, wo man bei der Anwesenheit von Grundwasser nicht bis auf die wasserführende Schicht hinabkommen kann, ferner in dem allerstrengsten Tonboden und drittens in dem sehr feinkörnigen mehlartigen Boden, in welchem die Kapillarität das Wasser außergewöhnlich festzuhalten vermag."

Vogler empfiehlt für die Längsdrainage in flachen Lagen unter 0·4 % bei Tonböden mit:

1.	75—50 %	abschlämmb.	Teilen	10—12 m	(schwerster Tonboden)
2.	50—40 „	„	„	12—14 „	(schwerer Tonboden)
3.	40—30 „	„	„	14—16 „	(gewöhnl. Lehmboden)
4.	30—20 „	„	„	16—20 „	(sandiger Lehmboden)
5.	20—10 „	„	„	20—24 „	(lehmiger Sandboden)
6.	10—0 „	„	„	24—30 „	(leichter Sandboden)

und für Querdrainagen

für	1.	10—15 m
„	2.	12—18 „
„	3.	14—21 „
„	4.	17—25 „
„	5.	21—30 „
„	6.	25—35 „

Die ersteren Maße gelten für die geringere, die letzteren für eine stärkere natürliche Drainage; daher nimmt die Entfernung der Drainstränge zu mit der natürlichen Entwässerung und der

Neigung des Geländes; die Entfernung der Saugdrains soll auch nie kleiner genommen werden als 10 m.

d) Röhrendimensionen für die Saugdrains.

117. Zur Bodenentwässerung verwendet man zylindrische Röhren von ca. 1 cm Wandstärke und 0·3 m Länge. Die geringste lichte Weite derselben pflegt man für die Saugdrains mit 0·03 m anzunehmen. In neuerer Zeit geht man meist nicht unter 0·04 m. Die Fähigkeit, eine gegebene Fläche rechtzeitig zu entwässern, nimmt mit zunehmender Länge des einem Drainstrang zugewiesenen Flächenstreifens ab. Ist man daher genötigt, Drainstränge von bedeutender Länge anzunehmen, so muß in den tieferen Lagen die lichte Weite der Leitung größer gewählt werden. So kann ein Drainstrang im oberen Teile aus Röhren von 0·03 m Weite, im unteren Teile aus 0·05 m weiten Röhren bestehen. Über das Maß von 0·05 m geht man bei Saugdrains selten, da bei zu weiten Röhren leicht Erde und Sand in das Innere der Leitung eindringt und die Röhren verstopft. Die flachere Krümmung der Röhren von größerem Durchmesser veranlaßt ein Absetzen der Sinkstoffe um so leichter, als sie eine breitere Basis finden und die Spülkraft des Wassers sich vermindert, was besonders dann der Fall ist, wenn das Rohr nicht voll läuft. Auch fallen die wesentlich größeren Herstellungskosten der Röhren von größerer Weite ins Gewicht. Während 1000 Stück Röhren von 0·03 m Weite ca. 25 ℳ kosten, stellen sich solche von 0·05 m, 0·08 m, 0·12 m und 0·15 m Weite auf 45 ℳ, 75 ℳ, 115 ℳ und 145 ℳ.

Von der Beschaffenheit der zur Bodenentwässerung verwendeten Tonröhren hängt auch die Dauerhaftigkeit der Drainageanlage ab. Die Röhren müssen möglichst gerade und zylindrisch sein, die Masse soll gleichartigen Bruch zeigen, möglichst dicht sein, hellen Klang besitzen und diesen auch im Wasser behalten. Poröse Tonröhren, durch die das Wasser dringen kann, haben eine geringe Haltbarkeit. Ein geeignetes Material zur Erzeugung von Tonröhren ist ein abgelagerter Ton, der ca. 20 % möglichst feinen Sand enthält. Ein gröberen Sand enthaltender Ton muß vor der Verwendung geschlämmt werden.

e) Die zulässige Länge des Saugdrains.

118. Wie die zulässige Maximallänge eines Saugdrains für ein bestimmtes Gefälle und eine gegebene gegenseitige Entfernung mit Rücksicht auf die von ihm abzuführende Wassermenge berechnet werden kann, ersieht man aus nachstehendem Beispiele:

Welche Länge kann ein Saugdrain von 0·03 m lichter Weite bei einer Entfernung der Drains von 16 m und einem Gefälle von 4% erhalten?

Nach den Ausführungen auf S. 166 beträgt die für Hektar und Sekunde abzuleitende Wassermenge 0·000772 m³. Bezeichnet man die Fläche, die der Drain zu entwässern hat, mit f, und mit L die Länge des Drainstranges, so ist $f = 16\ L$ und $L = \frac{f}{16}$.

Aus der bekannten Formel:

$$v = 3{\cdot}59 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50 \cdot d \cdot h}{1 + 50\ d}}$$

ergibt sich, $\frac{a}{b}$ mit $\frac{2}{3}$ angenommen:

$$v = 3{\cdot}59 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{50 \cdot 0{\cdot}03 \cdot 4}{100 + 50 \cdot 0{\cdot}03}} = 0{\cdot}58 \text{ m}.$$

Daher leitet der Drain in der Sekunde eine Wassermenge:

$$M = \frac{\pi\ d^2}{4} \cdot v = 0{\cdot}00041 \text{ m}^3.$$

Aus der Proportion $f : 10000 \text{ m}^2 = 0{\cdot}00041 \text{ m}^3 : 0{\cdot}000772 \text{ m}^3$ folgt $f = 5310 \text{ m}^2$ und $\frac{f}{16 \text{ m}} = L = \frac{5310}{16} =$ rund 330 m. Dies ist diejenige größte Länge, die bei einer Breite von 16 m in einem Zeitraume von 14 Tagen von einem 3 cm weiten Rohr entwässert werden kann.

Auf Grund der in dieser Aufgabe durchgeführten Berechnung ergeben sich für die am häufigsten vorkommenden Entfernungen der Saugdrains von 12 m, 16 m und 20 m und Röhrenweiten von 0·04 m und 0·05 m in abgerundeten Zahlen die nachstehend verzeichneten zulässigen **Maximallängen der Saugdrains** für eine Querdrainage.

für Röhren von einem Durchmesser	Entfernung des Drains	bei einem Gefälle von							
		10%	8%	6%	4%	2%	1%	0·5%	0·2%
		Meter							
0·04	12	1200	1100	1000	800	600	400	300	200
	16	900	800	700	500	400	300	200	150
	20	700	600	500	400	300	200	150	100
0·05	12	2800	2600	2200	1800	1300	900	600	400
	16	2200	1900	1700	1400	1000	700	500	300
	20	1700	1600	1300	1100	800	600	400	200

f) Das Gefälle der Saugdrains.

119. Der Einfluß des Gefälles auf die Geschwindigkeit der Wasserabfuhr erhellt aus den diesbezüglichen Berechnungsformeln (S. 126). Es findet jedoch eine Entwässerung des Bodens durch Drains auch dann statt, wenn er selbst eine horizontale Lage besitzt. Allerdings geht die Entwässerung sehr langsam vor sich, wenn man den Saugdrains nicht ein künstliches Gefälle verleiht. Es empfiehlt sich in solchen Fällen nämlich, vorausgesetzt, daß es die Tieflage der Vorflut gestattet, die Drains zu Beginn seichter, bei der Ausmündung tiefer zu legen. Dadurch wird der Abfluß des Grundwassers beschleunigt. — Gegen den Auslauf zu müssen die Sammeldrains mitunter allmählich flacher gelegt werden, wenn die Vorflut keine genügende Tieflage besitzt. Wohl hat diese Anordnung den Nachteil, daß das nachdrängende Wasser zurückgestaut wird, aus den Drains tritt und in der Niederung eine Versumpfung herbeiführt, die durch die Wirkung der Drains nach längerer Zeit erst behoben wird. Ein geringes Gefälle der Drains kann für eine Drainageanlage die Verstopfung einzelner Röhren zur Folge haben, wenn die Geschwindigkeit des Wassers so weit sinkt, daß die im Wasser suspendierten Stoffe sich absetzen. Die geringste Geschwindigkeit, bei der eine Ansetzung von Schlamm in den Röhren verhindert wird, beträgt 0·15 m. Danach benötigen Röhren von 0·03 m ein Minimalgefälle von 1 : 400—1 : 500, während für solche von doppeltem Durchmesser ein Gefälle von 1 : 700, endlich für Röhren von 0·1 m Weite von 1 : 1500 genügt. Kann Sand in den Hohlraum der Leitung durch die Stoßfugen eindringen, so erfordert seine Beseitigung ein größeres Gefälle, respektiv größere Geschwindigkeit. Ein zu starkes Gefälle ist nachteilig, da es meist ungleichmäßige Setzungen des Rohrstranges zur Folge hat. Das Wasser strömt auch außerhalb der Rohrleitung und unterwäscht sie an einzelnen Stellen. Man geht daher meist nicht über jenes Gefälle, das für die jeweilige Bodenart als zulässig bezeichnet wurde (S. 114, 116).

2. Von den Sammeldrains (Sammler).

120. Das von den Saugdrains gesammelte Wasser gelangt zunächst in weitere Röhrenleitungen, die Sammeldrains, die es in den Vorflutrezipienten ableiten. Ihr Querschnitt ist demnach ein größerer; er wächst mit der Zahl der einmündenden Sauger. Man pflegt daher den Durchmesser der Sammler nach der Menge des von den Saugdrains zugeführten Wassers festzustellen. Gestatten es die örtlichen Verhältnisse, kann man den Sammeldrains ein gegen die

Ausmündung zunehmendes Gefälle geben. Diese Anordnung ist besonders empfehlenswert, da bei höherem Stande der Vorflut eine Verschlammung der tieferen Teile der Drainage zu befürchten ist.

Die Richtung und Lage der Sammler ergibt sich aus jener der Sauger. Besitzt das zu entwässernde Terrain z. B. die Form einer Mulde, so liegt der Sammeldrain in der Talsohle. Die Sauger sollen in die Sammler möglichst unter spitzen oder rechten Winkeln einmünden, weil das aus ersteren ausmündende Wasser auf die Fortbewegungsgeschwindigkeit in den Sammlern fördernd einwirkt. Der Nachteil, der aus einer stumpfwinkligen Verbindung beider Drains sich ergibt, ist jedoch unbedeutend, da das Wasser in den Sammler von oben einfällt, was nur eine verhältnismäßig geringe Hemmung des Wasserabflusses zur Folge haben kann.

Aus der Tieflage der Sauger ergibt sich die Tiefe der Sammler und daher auch deren Gefälle. Mit Rücksicht auf eine möglichst große Gleichmäßigkeit des letzteren trachtet man bei der Feststellung der Tieflage der Sauger diesem Umstande Rechnung zu tragen. Ebenso empfiehlt sich die Einhaltung einer geraden Richtung und Vermeidung schroffer Übergänge.

Die üblichen Dimensionen der Sammler schwanken zwischen 0·05—0·15 m, die entsprechenden Wandstärken schwanken zwischen 12 und 20 mm.

Die Vereinigung eines Sammlers mit allen in ihn einmündenden Saugern vereint man im Drainsystem. Je nach der Terrainformation kann es bei einer Drainageanlage verschiedene Drainsysteme geben, welche sich entweder untereinander vereinigen oder getrennt in den Vorflutgraben einmünden. (Siehe Abb. 156 uff.).

3. Verbindung der Sauger mit den Sammlern.

121. Diese ist so anzuordnen, daß an den Einmündungsstellen weder eine Stauung des in den Sammlern laufenden Wassers, noch eine Ansammlung von Schlamm möglich wird. Man benützt verschiedene Arten von Verbindungen. Entweder erhält der Sammler seitlich eine kreisrunde Öffnung, in die der Sauger einmündet. Diese Verbindung ist nicht anzuraten, da der Sauger in den Sammler leicht tiefer eindringen und ihn verlegen könnte. Zweckmäßiger ist die Methode, nach der man an einzelnen Sammlern seitliche Ansatzrohre anbringt, die den Zweck haben, den Anschluß an die Saugdrains zu vermitteln. Das Anpassen beider Teile ist jedoch häufig mit dem Abschlagen eines Stückes des Saugers verbunden, was senkrecht zur Längenachse bewerkstelligt werden muß. Die da-

mit verbundenen Schwierigkeiten sind Ursache, daß auch diese Verbindungsart seltener Verwendung findet.

Die einfachste, billigste und daher auch am weitesten verbreitete Methode ist die nachstehende. Man leitet den Saugdrain über den Sammeldrain und schlägt dort, wo sich beide Leitungen berühren, mit einem spitzen Hammer aneinanderpassende Öffnungen von der Größe der lichten Weite des Drains. Die Fugen, die etwa entstehen, werden mit Lehm verstrichen, das Ende des Saugers mit einem flachen Stein verschlossen. Infolgedessen erhält der Sammler eine dem Durchmesser entsprechende größere Tieflage.

4. Ausmündungen der Sammler.

122. Diese Teile einer Drainage sind, als die zutage liegenden, verschiedenen Gefahren ausgesetzt. Sie beanspruchen eine zweckmäßige Anordnung und eine häufige Überwachung. Es müssen sowohl gegen böswillige Menschen, als auch gegen die zerstörende Wirkung des Hochwassers wirksame Vorkehrungen getroffen werden, sowie gegen das Eindringen von Tieren in die unterirdischen Kanäle, welche diese, wie dies besonders leicht durch Frösche im Winter geschieht, verstopfen könnten.

Zunächst handelt es sich um ein sicheres Auftragen des zutage liegenden Teiles des Sammlers. Man errichtet, Abb. 164, zu diesem Zwecke eine Mauer, in die das Rohr gut gebettet wird. Zwei seitliche kleine Flügel und eine steinerne Deckplatte schützen das Rohr gegen Eisstöße oder sonstige Angriffe. Dieses soll möglichst hoch angebracht werden, damit das Wasser der Vorflut nicht leicht in die Drainage eindringen kann. Zum Schutze gegen das Einfrieren des Wassers im Rohre erhält dieses in der Ausmündung eine größere Weite; auch verwendet man häufig Holzröhren oder aus Pfosten gezimmerte Kästen. Die Öffnung pflegt man mit einem Drahtnetz abzuschließen, um das Eindringen der Amphibien zu verhindern.

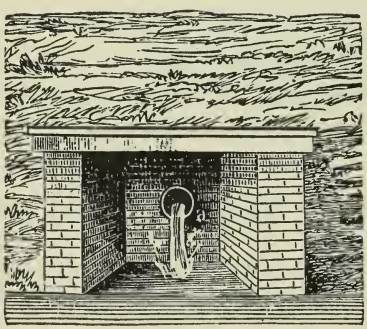

Abb. 164.

Vielfach wird wohl auch die Ausmündung in einer viel einfacheren Weise angeordnet, indem man das Mündungsrohr mit einem Pfostenkreuze einsäumt, oder man bettet es auf ein Rinnsal aus Feldsteinen. Mit Rücksicht auf die kostspielige Sicherung der Ausmündungen empfiehlt es sich, deren Zahl auf ein Minimum zu reduzieren, wenn man dadurch nicht genötigt wird, einen größeren

Durchmesser als 0·15 m zu wählen, wodurch die Anlage unverhältnismäßig zu dem erreichten Vorteil verteuert würde.

Endlich ist zu erwähnen, daß in der Vorflut jene Vorkehrungen getroffen werden müssen, um alle Einflüsse, welche die Drainageanlage schädigen (Verlandung, Abbruch der Ufer, Rückstaue usw.), fernzuhalten.

Etwa vorhandene Tagwassergräben können, wenn es sich nicht um die Abfuhr größerer Wassermengen nach heftigen Regengüssen, der Schneeschmelze usw. handelt, nach hergestellter Drainage beseitigt werden. Nur Gräben entlang der höchsten Grenzpunkte beläßt man, um das von den nachbarlichen Grundstücken ablaufende Tagwasser abzufangen und abzuleiten.

5. Aufgaben über die durch ein Drainrohr abfließende Wassermenge.

123. Bekanntlich ist

$$M = \frac{\pi\, d^2}{4} v$$

und

$$v = 3{\cdot}59\, \frac{m}{n} \sqrt{\frac{50\, d \cdot h}{l + 50\, d'}},$$

$\frac{m}{n}$ ist für Drainröhren auf S. 126 angegeben. Daraus ergibt sich

$\alpha)$ $$M = 2{\cdot}818\, \frac{m}{n} d^2 \sqrt{\frac{50 \cdot d \cdot h}{l + 50 \cdot d}};$$

$\beta)$ $$h = \frac{v^2\, n^2\, (l + 50\, d)}{644{\cdot}4\, d\, m^2};$$

$\gamma)$ $$d = \frac{v^2\, n^2\, l}{644{\cdot}4\, m^2\, h - 50\, v^2\, n^2}.$$

1. Aufgabe. Wie groß ist die durch einen Saugdrain von 0·03 m Weite und 1:300 Gefälle in einer Sekunde ausgeflossene Wassermenge? Für

$$\frac{m}{n} = \frac{2}{3}$$

ist aus $\alpha)$

$$M = 2{\cdot}818 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0{\cdot}03^2 \sqrt{\frac{50 \cdot 0{\cdot}03 \cdot 1}{300 + 50 \cdot 0{\cdot}03}} = 0{\cdot}000118\ m^3 = 0{\cdot}12\ \text{Liter}.$$

2. Aufgabe. Welche Geschwindigkeit hat das Wasser unter obigen Voraussetzungen?

Es ist nach der ersten Formel

$$v = \frac{4\,M}{\pi\,d^2},$$

daher

$$v = \frac{0{\cdot}00047}{0{\cdot}002826} = 0{\cdot}165\ M.$$

3. Aufgabe. Wieviel Prozent muß das Gefälle eines Drains von 0·05 m Weite betragen, damit das Wasser mit einer Geschwindigkeit von 0·3 m in der Sekunde abläuft?

In diesem Falle ist $l = 100$ m, daher

$$h = \frac{0{\cdot}3^2 \cdot 3^2\,(100 + 50 \cdot 0{\cdot}05)}{644{\cdot}4 \cdot 2^2 \cdot 0{\cdot}05} = \frac{0.09 \cdot 9{\cdot}215 \cdot 9}{32{\cdot}22 \cdot 4} = 0{\cdot}64\ \%.$$

Dies entspricht einem Gefälle von rund 1:160.

In der nachstehenden Tabelle sind die aus Drains von verschiedenem Durchmesser ausfließenden Wassermengen unter Voraussetzung der angegebenen Gefällsverhältnisse in Kubikmetern nach Vincent berechnet.

Bei einem Gefälle von		Weite der Röhren in Metern					
%	Verhältnis	0·040	0·050	0·075	0·10	0·125	0·15
10	1:10	0·00150	0·00354	0·00936	0·01889	0·03269	0·05126
9	1:11	0·00143	0·00340	0·00888	0·01792	0·03102	0·04862
8	1:12	0·00135	0·00321	0·00837	0·01687	0·02924	0·04584
7	1:14	0.00126	0·00296	0·00783	0·01580	0·02735	0 04288
6	1:17	0.00117	0·00274	0·00725	0·01463	0·02532	0·03970
5	1:20	0·00106	0·00251	0·00661	0·01336	0·02312	0·03624
4	1:25	0·00095	0 00224	0·00592	0·01195	0·02068	0·03242
3	1:33	0·00082	0·00194	0·00510	0·01035	0·01791	0·02807
2	1:50	0·00067	0·00158	0·00425	0·00845	0 01462	0·02292
1·5	1:67	0·00058	0·00137	0 00363	0 00732	0·01266	0·01985
1·0	1:100	0·00048	0·00112	0·00300	0·00597	0·01036	0 01621
0·75	1:130	0·00042	0·00097	0·00256	0·00517	0·00895	0·01404
0·50	1:200	0·00034	0·00079	0·00209	0·00423	0·00731	0·01146
0·40	1:250	0·00030	0·00071	0·00187	0·00378	0·00654	0·01025
0·30	1:333	0·00026	0·00061	0 00162	0·00327	0·00566	0·00888
0·25	1:400	0·00024	0·00056	0·00148	0 00299	0·00517	0·00810
0·20	1:500	0·00021	0·00050	0·00132	0·00267	0·00462	0·00722
0·15	1:666	0·00018	0·00043	0·00114	0·00231	0·00400	0·00628

Die von einem Hektar abzuführende Wassermenge beläuft sich nach S. 116 auf rund 0·0008 m³ in einer Sekunde.*) Bezeichnet man die auf einen Drainstrang entfallende zu entwässernde Grundfläche mit F (ausgedrückt in Hektaren), so besteht das Verhältnis

$$F : M = 1 : 0{\cdot}0008$$

und

$$F = 1250\ M.$$

oder

$$F = 1250 \cdot 2{\cdot}818 \frac{m}{n} d^2 \sqrt{\frac{50\ d\ h}{1 + 50\ d}},$$

$$F = 3522{\cdot}5\ d^2 \frac{m}{n} \sqrt{\frac{50\ d\ h}{1 + 50\ d}}.$$

Vom erwähnten Entwässerungssystem wird z. B. eine Fläche von $50 \cdot 150 \cdot 16 = 12{\cdot}0$ Hektaren entwässert. Würde man versuchsweise ein Rohr von 0·15 m Weite wählen, so könnte mit diesem nach der obigen Formel eine Fläche

$$F = 3522{\cdot}5 \cdot 0{\cdot}15^2 \cdot \frac{7}{8} \sqrt{\frac{50 \cdot 0{\cdot}15 \cdot 1}{200 + 50 \cdot 0{\cdot}15}} = 13{\cdot}176 \text{ Hektar}$$

entwässert werden. Daraus ersieht man, daß in diesem Falle ein Sammeldrain von 0·15 m Weite überflüssig ist, und würde ein weiterer Versuch ergeben, daß ein Drainstrang von 0·14 m Weite genügt. Im oberen Laufe, solange nur die ersten Saugdrains einmünden, genügen wohl auch Röhren von noch kleineren Dimensionen.

6. Die Ausführung der Röhrendrainage.

a) Die technischen Vorarbeiten.

124. Der Entwurf des Projektes stützt sich auf die gepflogenen Vorerhebungen über die Bodenbeschaffenheit, die Mächtigkeit der einzelnen Bodenarten, den Stand und die Verteilung des Grundwassers, den Stand der Vorflut usw. Ferner müssen die Gefällsverhältnisse festgestellt werden, da die Saugdrains in das größte Gefälle gelegt werden müssen. Je nach der Form der Bodenoberfläche gestaltet sich die Projektierung mehr oder minder einfach; in vielen Fällen wird man sich darauf beschränken können, einzelne Wagrechte oder Schichtenlinien direkt in der Natur sichtbar auszustecken und die Saugdrains senkrecht zur Richtung derselben in

*) Für die Wassermenge von 0·00065 m³ für den Hektar berechnet sich $F = 16{\cdot}26$ ha und $d = 0{\cdot}13$ m.

einer Entfernung, die den Gefällsverhältnissen, der Bodenbeschaffenheit, der Grundwassermenge usw. entspricht, einzumessen. Man bezeichnet die Lage der Saugdrains durch gleich numerierte Pflöcke.

Eine Drainage ohne vorhergehendes Nivellement zu projektieren, ist nicht angezeigt, besonders bei kleinerem Gefälle, da ein im Abschätzen der Niveauunterschiede wenig geübtes Auge die Gefällsverhältnisse oft ganz unrichtig beurteilt und manche Berichtigungen des Projektierten sich nachträglich als notwendig erweisen. Die zweckmäßigste Arbeit wird immer auf Grund eines Flächennivellements und des nach ihm konstruierten Schichtenplanes erreicht. Dieser Vorgang erfordert zwar einige Mehrarbeit, hat jedoch den Vorzug, daß die Gefällsverhältnisse der Drains und deren Längen, der Bedarf an Röhren, Erdaushub usw. genau bestimmt und alle Berechnungen über Wassermengen, die Gesamtkosten im Vergleich zur Fläche rasch und zweckmäßig durchgeführt werden können. Die Übertragung eines im Plane ausgearbeiteten kotierten Projektes unterliegt keiner Schwierigkeit. Die planliche Darstellung hat übrigens den bedeutenden Vorteil, daß die Lage der Drains bei etwaigen Verstopfungen leicht wieder ermittelt werden kann, denn die diesbezügliche Vermessungsarbeit besteht in einer Wiederholung der ursprünglich vorgenommenen Aussteckung. Die gegenteiligen Ansichten mancher Kulturtechniker dürften ihren Grund nur in der Befürchtung haben, daß eine genaue Aufnahme der Bodenflächen Anfängern Schwierigkeiten bereitet. Nachstehend soll daher — schon mit Rücksicht auf ihre Wichtigkeit bei der Berechnung der Erdbewegungen — die Aufnahme der Bodenform und Konstruktion des Schichtenplans besprochen werden, um zu zeigen, daß eine korrekte Aufnahme des Niveauplanes keine besonderen Schwierigkeiten bietet, um so mehr, als der Projektant einer Drainageanlage mit der Handhabung eines Nivellierinstrumentes ohnehin vertraut sein muß.

125. Die Aufnahme des Geländes findet u. a. statt:

1. durch die direkte Aussteckung der Schichtenlinien in der Natur und eine nachherige Aufnahme dieser Linien mit dem Meßtische,
2. durch die Aufnahme von Querprofilen und die Konstruktion des Schichtenplanes aus diesen.

Ad 1. Bekanntlich zeigen die Punkte einer und derselben Schichtenlinie am wagrecht gestellten Nivellierinstrumente gleiche Lattenablesungen; man hat daher im Gelände solche Aufstellungspunkte für die Nivellierlatte zu suchen, welche dieselben Ablesungen, z. B. 3·77 m, aufweisen, und bezeichnet diese Punkte durch Pflöcke, z. B. a, a_1, a_2, a_3 . . .

Beabsichtigt man z. B. die Schichtenlinien in Höhenentfernungen von 50 zu 50 cm auszustecken, so ist es klar, daß allen Punkten der nächst höheren Schichtenlinie die gleiche Ablesung von 3·77 m — 0·50 = 3·27 m (dieselbe Instrumentenaufstellung vorausgesetzt) zukommt, daß die nach aufwärts folgenden die Ablesungen von 3·27 — 0·50 = 2·77 m, ferner 2·77 — 0·50 = 2·27 m, hierauf 2·27 — 0·50 = 1·77 m, 1·77 — 0 50 = 1·27 m, 1·27 — 0·50 = 0·77 m und 0·77 — 0·50 = 0·27 m zukommen. Man war daher von einer Aufstellung aus imstande, 7 Schichtenlinien bei gleichmäßig (dachartig) geböschtem Gelände nach der ganzen Länge derselben auszustecken.

Die Fortsetzung des Nivellements zur Feststellung der tieferen Schichtenlinien als auch behufs eventueller Verlängerung derselben findet nach der erfolgten tieferen (resp. entfernteren) Aufstellung des Instrumentes nachstehend statt. Findet man z. B. bei der tieferen wagrechten Aufstellung an einem der tiefsten Schichtenlinie angehörenden Punkte (der von der früheren Aufstellung aus die Ablesung 3·77 m zeigte) die Ablesung z. B. 0·25 m, so haben die weiter nach abwärts folgenden 7 Schichtlinien die Ablesungen 0·75 m, 1·25 m, 1·75 m usw. In derselben Weise wird behufs Verlängerung der Wagrechten an die bereits ausgesteckten Teile angebunden, wobei der Aufstellungspunkt für das Nivellierinstrument stets so zu wählen ist, daß von demselben ein möglichst großes Gebiet übersehen und nivelliert werden kann.

Die Meßtischaufnahme muß hier als bekannt vorausgesetzt werden; ein jedes Lehrbuch der praktischen Meßkunst gibt übrigens über die Handhabung der Nivellierinstrumte sowie des Meßtisches eine eingehende Belehrung. Die Meßtischaufnahme, mit der man auch die Aufnahme der Parzellengrenzen des zu entwässernden Grundstückes verbindet, gibt den verkleinerten Grundriß des Schichtenplanes.

126. Ad 2. Die Methode, einen Schichtenplan aus den Querprofilen zu konstruieren, ist die exakteste und erfordert keine umständlichen Vermessungen. Man steckt sich zunächst durch Absteckstäbe eine gerade Flucht nach der größten Längenausdehnung des aufzunehmenden Geländes (das Längenprofil) aus. Es sei dies A M (Abb. 165). Senkrecht zu diesem errichtet man in den Punkten A, B, C, D . . . die Richtungen 1 A 2, 3 B4 usw. Denkt man sich durch diese senkrechten Richtungen Vertikalebenen gelegt, so erhält man Erdschnitte, deren Gestalt der Bodenformation entspricht. Von den Entfernungen dieser Vertikalschnitte wird es nun abhängen, mit welcher Genauigkeit die Bodengestaltung durch die Profile zum Ausdruck kommt. Man legt daher die Profile dichter da, wo die

Bodenformen stark wechseln, bei geringerem Wechsel der Formen dagegen in größeren Entfernungen. In den Querprofilen können nur die zusammengehörigen Punkte der Bodenfläche, nämlich solche, die stets einer und derselben Schichtenlinie angehören, aufgesucht und sofort durch Pflöcke bezeichnet werden. Die Abstände der ausgepflockten Punkte 8 r, rv ... von der Achse A M werden sodann eingemessen und in eine Planskizze die erhaltenen Längenmaße notiert.

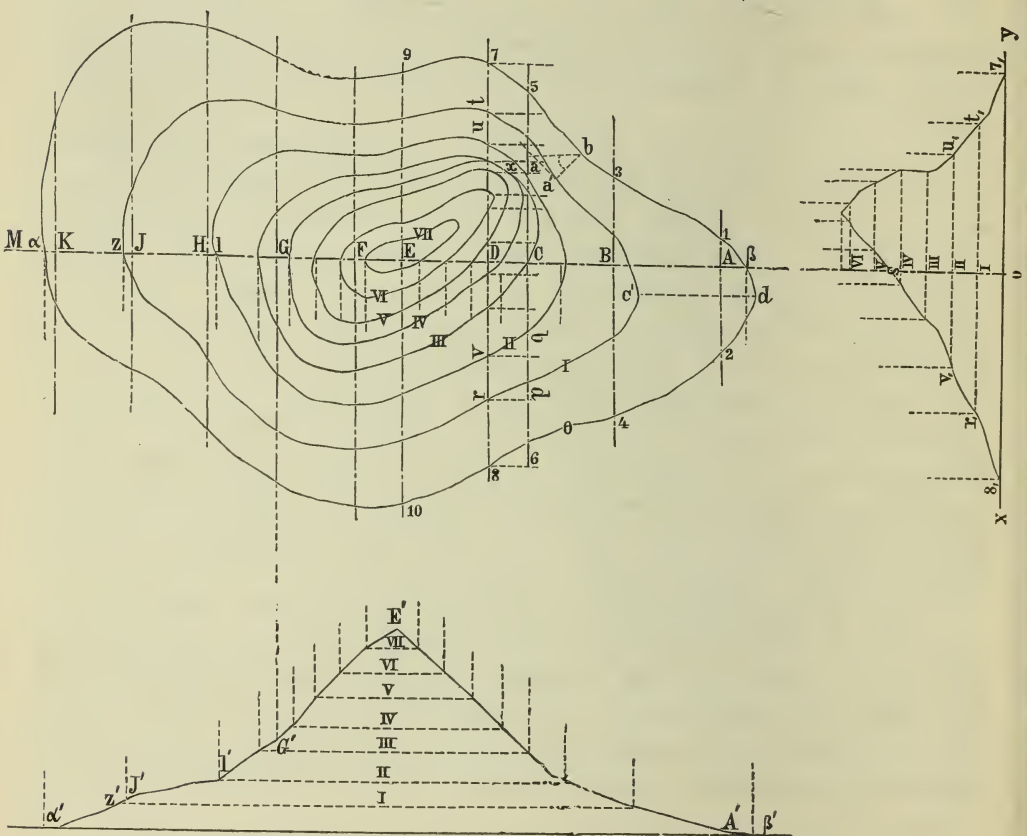

Abb. 165.

Zur Konstruktion des Schichtenplanes trägt man auf eine Gerade A M die eingemessenen Entfernungen A B, B C ... der einzelnen Querprofile auf, errichtet in diesen Senkrechten 12, 34 .... und bestimmt in diesem nach demselben Maßstabe auf Grund der in der Aufnahmsskizze gegebenen Maße die Punkte der einzelnen Schichtenlinien. Durch die Verbindung aller einer und derselben Schichtenlinie angehörigen Punkte erhält man den Schichtenplan, die Verbindung aller Endpunkte der aufgenommenen Profile, falls sie sich über die ganze Parzelle erstrecken, den Umriß der Fläche.

Eine zweite Art der Querprofilsaufnahme besteht darin, daß

in den einzelnen Profilen jene Punkte durch Pflöcke markiert werden, in denen Gefällsbrüche vorkommen. Die gegenseitigen Höhenunterschiede dieser Punkte, sowie die eingemessenen wagrechten Abstände derselben ermöglichen das Auftragen der Querprofile. Jene Punkte der Querprofile, die den einzelnen Schichtenlinien angehören, lassen sich auf konstruktivem Wege nachstehend bestimmen.

Man trägt den Grundriß der Profile am besten im Maßstabe 1 : 1000, auch im doppelten Katastralmaße 1 : 1400 auf. Dieser Grundriß sei durch die Linien der Abb. 165 angegeben. Würde man jedes Profil über seinem Grundriß aufstellen und durch wagrechte Ebenen in gleichen Höhenabständen (Schichtenebenen) schneiden, so erhielte man Punkte der Schichtenlinien, und zwar dort, wo die Schnittlinien der wagrechten Ebenen mit der Ebene des Querprofils die Umfangslinie des letzteren schneiden. Diese Arbeit wird nachstehend in der Zeichnung durchgeführt:

Man zieht Abb. 165 eine Gerade (x y) senkrecht zu A M und trägt, um z. B. das Querprofil 7 8 zu konstruieren, O S gleich dem Höhenunterschied der Punkte 7 D auf. Der erhaltene Punkt S entspricht dem Kreuzungspunkte des Längen- und Querprofils (D). Von S aus können alle übrigen Punkte des Querprofils 7 8 und rechts der Achse S N gezeichnet werden; dabei gibt x y die Richtung für die wagrechten Abstände, N S die Richtung für die Vertikalabstände aller Punkte des Querprofils 7 8 an. Um in den so erhaltenen verkleinerten Bilde des Querprofils jene Punkte zu finden, welche den einzelnen Schichtenlinien entsprechen, denkt man sich x y als eine Schnittlinie des Profils mit der tiefsten (nullten) Schichtebene, trägt von O aus die Maße O I = I II = II III = ... = dem Abstande dieser Schichtenebenen auf und zieht durch I, II, III... Parallele zu x y, so sind diese die Schnittlinien der zugehörigen Schichtenebenen. Die sich ergebenden Schnittpunkte 8_1 7_1 r, t, v, u, ... gehören den Schichtenlinien O, I, II ... an, und man findet die gewünschte Lage derselben im Grundriß 8 r v u t 7, wenn aufgetragen wird: 8'0 = D 8, r, I = D r, v, II = D v, I t = D t usw.

Hat man die Punkte der einzelnen Schichtenlinien in diesem Profil bestimmt, so wird ein nächstes Profil, z. B. 9 10 über x y so aufgetragen, daß E über O zu liegen kommt, wobei O E dem Höhenabstande des Punktes E über der nullten Schichtenebene gleichzumachen ist. Dieses Maß ist durch die Differenz der Höhenkote von E und der Kote der tiefsten Schichtenebene gegeben. Von E aus kann das Profil 9, 10 zu beiden Seiten der Achse N VI wie vorher aufgetragen werden.

Die unveränderlichen am besten während der ganzen Arbeit durch Tuschelinien bezeichneten wagrechten Linien schneiden dieses

Profil in neuen Punkten, die wie früher in die Situation zurückgeführt werden und somit weitere Punkte für die Konstruktion der Schichtenlinien ergeben.

Man zeichnet daher ein jedes der aufgenommenen Querprofile über der tiefsten Wagrechten x y, bestimmt die Höhe (OS) des dem Längen- und Querprofil gemeinsamen Bodenpunktes (S) über dem Punkte O (aus der Differenz der Höhenablesungen), vervollständigt das Profil nach beiden Seiten, sucht die Schnittpunkte mit den fixen Tuschelinien auf und projiziert sie, am besten unter Zuhilfenahme der Reißschiene, in den Grundriß zurück.

Das Gefälle zwischen zwei Punkten des Bodens, z. B. a′ und b, läßt sich leicht bestimmen. Man errichtet in a′ die Senkrechte a′a auf a′b und macht sie gleich dem Abstande der beiden Schichtenebenen. Der Winkel a′b a ist der Böschungswinkel. Die Abbildung $\alpha\,\beta$ gibt die Gestalt des Längenprofils M A an. Auf welche Weise der Schnitt durch die Bodenfläche nach einer beliebigen Richtung (also das entgegengesetzte Verfahren) konstruiert werden könnte, ergibt sich aus den bisherigen Erläuterungen.

Nachdem aus einem Schichtenplane die Bodengestaltung durch in beliebiger Richtung geführte Schnitte dargestellt werden kann, gibt derselbe ein vollkommenes Substrat für jede Art Projekte und Berechnungen, jedenfalls ein übersichtlicheres und bequemeres als das natürliche Gelände selbst.

Die Schichtenlinien werden mit feinen, meist blassen Tuschstrichen ausgezogen, desgleichen schwarz alle Parzellengrenzen, Wege, Gewässer usw., und es kann nun zur zweckmäßigen Projektierung der Drainsysteme, Ausmündungen der Sammeldrains, Feststellung der Gefällsverhältnisse, der Dimensionen einzelner Leitungen usw. geschritten und der Kostenüberschlag aufgestellt werden.

Um im projektierten Drainsystem eine gewisse Übersichtlichkeit zu erhalten, pflegt man die Sammel- wie die Saugdrains, ebenso die Zahlen, welche das Gefälle, die Dimensionen, die Tiefen der Drains angeben, mit verschiedenen Strichen in roter Farbe zu bezeichnen. Man kann z. B. darstellen mit:

———————	Drains	von	0·04	Durchmesser
– – – – – – –	„	„	0·05	„
·····	„	„	0·08	„
═══	„	„	0·10	„
———	„	„	0·13	„
═══	„	„	0·15	„

Dabei werden die größeren Dimensionen der Drains mit kräftigeren Strichen dargestellt. Die Schichtenlinien bezeichnet man

mit schwarzen römischen Nummern, die Sammler meist mit lateinischen Buchstaben, die Sauger, von der höchsten Stelle beginnend, mit arabischen Ziffern. Die einzelnen Systeme werden durch große Buchstaben in Gruppen geteilt. Die Übergangspunkte der verschiedenen Röhrenweiten pflegt man mit kleinen Kreuzchen zu kennzeichnen.

b) Herstellung der Gräben.

127. Zur Übertragung des im Plane vollständig ausgearbeiteten Drainprojektes in die Natur und für die darauffolgenden Erdarbeiten muß eine günstige Jahreszeit gewählt werden, damit diese Arbeiten ohne Hindernisse durchgeführt werden können. Meist gilt der Spätherbst und das Frühjahr als die günstigste Jahreszeit für Lehm-

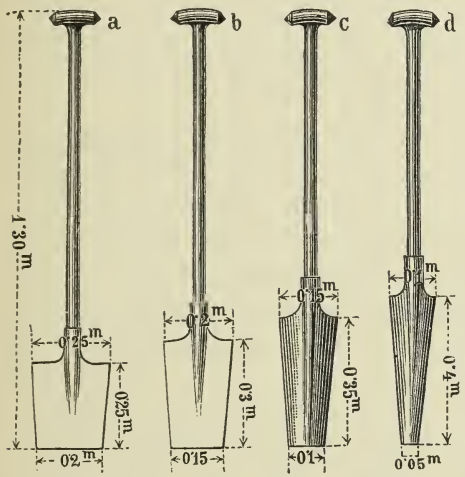

Abb. 166.

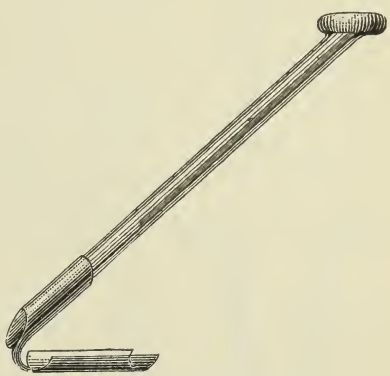

Abb. 167.

und Tonböden, der Sommer für Sandboden, speziell bei vorhandenem Triebsand. Je enger die Gräben erstellt werden können, desto größer sind die bei der Grabarbeit erzielten Ersparnisse an Zeit und Kosten. Man hebt daher den Boden mit so steilen Wänden aus, als es die Festigkeit des Erdreichs zuläßt, z. B. 1 : 7, was für die Saugdrains bei einer Tiefe von 1·25 m einer Entfernung der oberen Grabenränder von 0·4 m entspricht. Die Sohlenbreite soll mit dem äußeren Durchmesser der zu legenden Röhren übereinstimmen, damit diese einen guten Halt durch die beiderseitigen Erdwände erhalten. Regenwetter und Fröste können Einstürze der Böschungen verursachen und die Arbeit wesentlich verteuern.

Für die Aushebung der Gräben sowie das Legen der Röhren empfiehlt sich die Anschaffung spezieller Draingeräte.

Diese sind in den Abb. 166, 167, 168 abgebildet, und besteht eine Garnitur aus vier Spaten in den angegebenen Dimensionen, eine Kelle, Abb. 167, und dem Legehaken, Abb. 168. Obwohl bei kleineren Drainageanlagen die gewöhnlichen in der Wirtschaft verwendeten Krampen, Schaufeln und Spaten genügen, empfiehlt sich bei größeren Arbeiten die Anschaffung dieser speziellen Drainwerkzeuge wegen ihrer zweckmäßigen Dimensionen mit Rücksicht auf die Abmessungen der auszuhebenden Draingräben*).

Abb. 168.

Zur Absteckung des Grabens, am besten eines Grabenrandes, benützt man Absteckstäbe, teilt hierauf die längeren Strecken durch eingeschaltete Pflöcke ab und schneidet mittelst eines Spatens die beiderseitigen Böschungsränder mit Zuhilfenahme von Schnüren ein. Mit der Erdaushebung wird am tiefsten Punkte begonnen, und zwar mit dem breitesten Spaten a.

Der Arbeiter bewegt sich bei fortgesetzter Aushebung nach rückwärts und trachtet, die Böschungswände möglichst glatt und steil herzustellen. Sind sie zu stark konvergierend, so erzielt man in der Grabensohle nicht die nötige Breite und muß die Böschungen nacharbeiten, was die Ausführung verzögert und verteuert. Der zweite Arbeiter hebt, dem ersten folgend, den Graben bis a a (Abb. 169) aus. Der dritte Arbeiter besorgt die Aushebung bis zur dritten Tiefe mit dem Spaten Nr. c. Der vierte hebt endlich, auf den schmalen Eskarpen a a stehend, mit Nr. d bis auf die Sohle aus. Bei dieser letzten Aushebung ist darauf zu achten, daß die Grabentiefe eingehalten wird, und auch das Gefälle muß zeitweilig kontrolliert werden. Zu diesem Zwecke empfiehlt sich die Verwendung der auf S. 119 beschriebenen Pflaster oder Visierkreuze. Bei vorhandenem Grundwasser stellt man übrigens sofort fest, ob das nötige Gefälle vorhanden ist, oder wo wegen vorhandener Störungen nachgearbeitet werden muß. Schließlich erfolgt eine vollständige Ebnung der Sohle mit der Kelle (Fig. 167), um den Röhren eine sichere Bettung zu verschaffen.

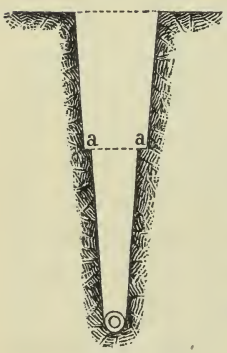

Abb. 169.

*) Das ganze Besteck kostet nach dem Wochenblatt für Land- und Forstwirtschaft in Hohenheim 35 ℳ.

c) Das Legen der Röhren.

128. Diese Arbeit erfordert eine besondere Sorgfalt, da vom richtigen Legen die gute oder schlechte Funktionierung der Drainage abhängt. Sind die Rohrstücke nicht dicht aneinandergelegt, und kann daher Erde oder Sand eindringen, so steht zu befürchten, daß Verstopfungen entstehen, die eine Versumpfung zur Folge haben. Die Aufsuchung solcher verstopfter Stellen bereitet Schwierigkeiten und ist häufig mit großen Kosten verbunden.

Die Röhren werden zunächst am Grabenrande ausgelegt, nachdem man sie von etwaigen Unreinlichkeiten befreit hat. Sodann findet das Legen der Röhren mit dem bereits erwähnten Legehaken statt. Man beginnt am höchsten Punkte des Grabens. Das erste Rohrstück wird mit Tonknöpfen, Dachziegeln, Stroh usw. verstopft. Sodann faßt der Arbeiter, der mit gespreizten Füßen über der Grabenböschung steht, das nächste Rohr mit dem Legehaken und senkt es auf die Sohle. Dabei drückt er das Rohrstück an das bereits früher gelegte Rohr und bettet es gut mit einem Druck in die Sohle ein. Da durch die Fugen nur Wasser eindringen darf, müssen sie möglichst gering gehalten werden, so daß sich die einzelnen Rohrstücke nach dem Legen nicht mehr herausnehmen lassen. Gekrümmte Röhren werden ausgemustert und in Krümmungen verwendet. Der gelegte Drain muß einem einzigen Rohre gleichen und, wenn Wasser im Graben vorhanden ist, schon während des Legens funktionieren.

Röhren vom Kaliber 0·1 m bis 0·15 m, die für die Sammeldrains verwendet werden, pflegt man mit der Hand zu legen. Der Arbeiter steht auf dem bereits gelegten Drainstrange und drückt jedes Rohr durch eine Drehung an das vorhergehende Rohrstück an.

Ein sehr dichtes Legen der Röhren hat scheinbar den Nachteil, daß das Wasser nur schwer in sie eindringen kann. Es ist dies jedoch nicht der Fall. Angenommen, es betrage die Fuge zwischen zwei Saugdrains von 25 mm Weite nur 0·5 mm. Der innere Querschnitt des Rohres $\frac{\pi\, d^2}{4} = 490$ mm². Die Fuge zwischen zwei Röhren beträgt $\pi\, d \cdot 0{\cdot}5$ mm $= 40$ mm². Durch 12 solche Fugen kann demnach so viel Wasser eintreten, daß der innere Querschnitt voll läuft. Da die Saugdrains eine Länge von 0·3 m besitzen, so entsprechen 12 Röhren einer Stranglänge von 3·6 m. Daraus ist ersichtlich, daß das Eindringen von Wasser durch die Poren der Drainröhren keineswegs notwendig, ja sogar sehr unerwünscht ist, da dies nur bei schlechtem Rohrmaterial vorkommen kann, und das eindringende Wasser die Röhren allmählich zerstört.

d) Zuschütten der Gräben.

129. Sind die Röhren gelegt und ihre Lage überprüft, schreitet man an das Zuschütten der Gräben. Dabei hat man darauf zu achten, daß die Röhren durch auffallende Steine nicht zerschlagen oder verschoben werden. Vincent empfiehlt zum unmittelbaren Zudecken eine lockere krümelnde Erde von der Oberfläche; diese soll vorsichtig mit der Schaufel auf die Drains aufgeschüttet werden. Die übrige Erde wird nachgefüllt, die zu unterst liegende Ackerkrume kommt wieder auf die Oberfläche.

Manche Drainteckniker empfehlen das Zudecken der Röhren mit Laub oder Stroh und auf diese erst die Erde. Dieses Verfahren ist jedoch sehr umständlich und, gut gelegte Rohre vorausgesetzt, keineswegs besser als die vorangeführte Methode. Rittergutsbesitzer Grobe Reitzsch empfiehlt*) getrockneten Torf als Deckmaterial für Drains.

Nicht immer kann abgewartet werden, bis der Drain vollständig gelegt ist. Besonders in Sandboden läßt sich oft nur mit Mühe jene Tiefe erreichen, in welche die Drains zu legen sind. Man muß daher in solchen lockeren Bodenarten nach erfolgter Herstellung des Grabens im betreffenden Teile sofort die Röhrenlegung vornehmen.

7. Kostenberechnung einer Drainage.

130. Die Kostenberechnung ergibt sich aus gewissen Arbeitsleistungen und der Materialbeschaffung. Die Arbeitsleistungen bestehen in folgendem:

1. in der Terrainaufnahme, Herstellung und Aussteckung des Projektes und in der Überwachung der Arbeiten,
2. in der Erdaushebung,
3. im Legen der Röhren,
4. im Zuschütten der Gräben.

Die Materialbeschaffung umfaßt den Ankauf und die Zufuhr der Drainröhren, sowie die zum Grabenaushub und Röhrenlegen erforderlichen Werkzeuge.

Die Kosten des Grabenaushubs sind von der Bodengattung und der Menge des auszuhebenden Erdmaterials abhängig. Nach S. 23 lassen sich die Leistungen der Arbeiter in verschiedenen

*) In der Zeitschrift des landwirtschaftlichen Zentralvereins für die Provinz Sachsen.

Bodenkategorien bestimmen und daraus die Tagelöhnerschichten für ein gewisses Volumen oder eine Längeneinheit des auszuhebenden Grabens. Der lockere Sand-, Torf- und Moorboden wird in die erste, schwerer Ton- und Lehmboden, kiesiger Grund und schotteriger Lehm in die zweite Kategorie eingeteilt usw..

Die Gesamtkosten der Aushebung erhält man demnach, wenn man das Gesamtvolumen multipliziert mit der Zahl der Schichten, die auf die Gewinnung eines Kubikmeters entfällt, sowie mit dem ortsüblichen Tagelohn.

Bei der Berechnung der Tagelöhnerschichten muß in Berücksichtigung der erforderlichen Präzision bei der Grabarbeit, sowie der Schwierigkeit der Herstellung ein 20%iger Zuschlag, für erschwerte Arbeit, bei Aushebung im Wasser 30% eingesetzt werden. Z. B. Wie hoch stellt sich ein Längenmeter Erdaushebung für Saugdrains bei 0·4 m obere, 0·1 m Sohlenbreite, 1·25 m Grabentiefe bei Arbeiten im Wasser, wenn der Normaltagelohn 2 ℳ beträgt?

Der laufende Meter Graben umfaßt $\frac{0{\cdot}4 + 0{\cdot}1}{2} 1{\cdot}25 = 0{\cdot}312$ m³.

Nun erfordert 1 m³ 0·25 Handlangerschichten, daher

1 : 0·25 = 0·312 : x und x = 0·078 Handlangerschichten,

dazu 30% Zuschlag 0·024 „

zusammen 0·102 Handlanger à ℳ 2·0,

daher für den laufenden Meter rund 20 Pfennige.

Danach würde sich der Kostenpunkt für den Erdaushub pro Hektar folgend berechnen:

a) bei 12 m	Entferng. d. Saugdrains	833 m	à 0·2 ℳ	= 166 ℳ	= 200 Kr.
b) „ 16 „	„ „ „	625 „	à 0·2 „	= 125 „	= 150 „
c) „ 20 „	„ „ „	500 „	à 0·2 „	= 100 „	= 120 „
d) „ 30 „	„ „ „	333 „	à 0·2 „	= 66.6 „	= 80 „

Es verhalten sich daher die Aushubkosten wie 5 : 4 : 3 : 2.

Das Austragen der Röhren. Man rechnet für das Austragen der Röhren längs der Gräben samt der Reinigung durchschnittlich pro 150 m Grabenlänge eine Taglöhnerschichte, daher pro Hektar durchschnittlich 4·2 Taglöhnerschichten à 2 ℳ, rund 8 ℳ = 10 Kr.

Das Legen der Röhren erfordert auf 350 m eine Taglöhnerschichte à 3 ℳ (3·6 Kr.) und beträgt pro Hektar 6 ℳ = 7 Kr.

Das Zuschütten der Gräben erfordert eine Taglöhnerschicht pro 80 lfd. Meter, daher rund 17 ℳ = 20 Kr. pro Hektar.

Preise der Drainröhren. Diese sind oft sehr schwankend. Man zahlt für Drains von 0·04 m Lichtweite per Mille rund 35 ℳ.

Dieser Preis wächst mit jedem Zentimeter der zunehmenden Lichtweite ca. 10 ℳ, so daß z. B. Drains von 10 cm Lichtweite sich per Mille auf beiläufig 100 ℳ belaufen. Bei Bestellungen berechne man für Bruch während des Transports ca. 5 % mehr.

Danach beträgt der Preis der Röhren für Saugdrains pro Hektar:

bei 12 m Entfernung	2780 Stück	83 ℳ	=	100 Kr.
„ 16 „ „	2080 „	60 „	=	74 „
„ 20 „ „	1666 „	50 „	=	60 „

Für die Geländeaufnahme, Planherstellung, Überwachung der Arbeiter und Instandhaltung der Requisiten 15 % vom Arbeitslohn, rund 12·5 ℳ = 15 Kr. pro Hektar.

Die Gesamtkosten einer Drainageanlage stellen sich daher nach vorstehenden Ansätzen pro Hektar folgendermaßen:

für 12 m entfernte Drains	286 ℳ	=	344 Kr.
„ 16 „ „ „	215 „	=	260 „
„ 20 „ „ „	175 „	=	210 „

Die Tagelohnpreise sind in manchen Gegenden niedriger; auch stellen sich die Preise der Drainröhren bei eigener Erzeugung, besonders wenn der Bedarf ein größerer ist, niedriger.

8. Schutzmittel gegen die Verstopfungen der Röhren.

131. Die Verstopfungen werden verursacht:

a) durch das Einwachsen von Pflanzenwurzeln;

b) durch Eindringen von Sand und Senkung einzelner Röhren;

c) durch Bildung eines Niederschlags von basischen Kalisalzen und Eisenoxydhydrat;

d) durch Entstehen von Algen innerhalb der Leitungen.

ad a) Gegen das Einwachsen der Pflanzenwurzeln, z. B. Raps und Rüben, oder der Wurzeln der Bäume, schützt man sich in erster Linie durch entsprechendes Tieflegen der Drainage, da tiefere Drains einen größeren Schutz gegen das Einwachsen der Wurzeln gewähren als seicht gelegte. Einzelnen Bäumen weicht man durch Umgehung derselben aus; man führt den Drainstrang 5—8 m um den Baumstamm herum und kehrt erst sodann in die gewählte Richtung zurück. Auch kann man im Bereiche der Bäume die Saugdrains durch gut mit Zement gedichtete Muffen gegen das Eindringen der Baumwurzeln schützen. Vincent empfiehlt das Überstreichen der Stoßenden der Röhren mit Teer oder Bedecken derselben mit gut geteertem,

starkem Löschpapier. Für die Entwässerung der Gärten und Wälder eignet sich besonders die Drainage nach Rérole (Abb. 170). Die einzelnen Röhren von ca. 1 m Länge sind durch Muffen mit Zementdichtung verbunden. In Entfernungen von 5 zu 5 m sind an der Leitung nach abwärts gerichtete Röhren angebracht, deren innere Höhlung mit der Drainleitung in Verbindung steht. Die Vertikalröhren stehen in Gruben, die mit reinem Kies gefüllt sind, und in denen sich das Wasser ansammelt. Solange der Grundwasserstand über der Drainleitung steht, steigt infolge des hydrostatischen Druckes das Wasser durch die Vertikalröhren auf und fließt sodann durch die geneigte Rohrleitung ab. Da die Pflanzenwurzeln das Wasser stets in einer größeren Höhe finden, als der Zugang im Vertikalrohr gelegen ist, können sie nie in die Drainröhren eindringen.

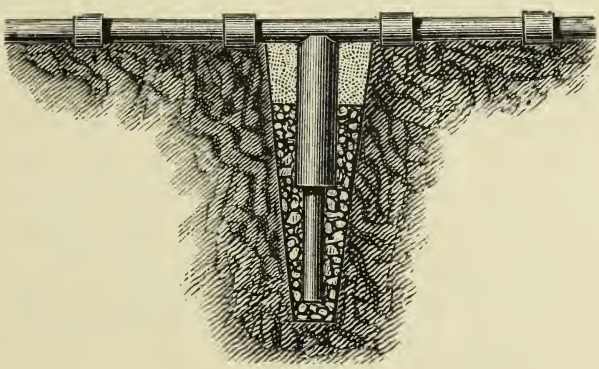

Abb. 170.

Obwohl diese Methode gegen das Einwachsen der Pflanzenwurzeln vollkommenen Schutz gewährt, hat sie dennoch nicht eine allgemeine Verbreitung gefunden, hauptsächlich wohl deshalb, weil ihre Entwässerungsfähigkeit geringer ist als jene der gewöhnlichen Drainage, dann wegen ihrer Kostspieligkeit. Bei Gartenanlagen, Baumschulen usw., wo der Kostenpunkt nicht in gleichem Maße, wie bei Grundstücken, in Frage kommt, ist diese Anlage jedenfalls die zweckmäßigste.

ad b) Das Eindringen von Erde und Sand wird oft durch schlechtes Legen oder durch Setzungen der Grabensohle verursacht. Es ist daher vor dem Legen der Röhren ein Ebnen der Grabensohle vorzunehmen, und alle vorspringenden Steine sind zu beseitigen. Die einzelnen Rohrstücke müssen vollkommen aneinanderstoßen. Die unebene Begrenzung derselben genügt, um das Eindringen von Wasser zu ermöglichen; das Eindringen von Sand

wird aber verhindert. Im Sandboden empfiehlt sich die Verwendung von Röhren kleineren Kalibers besser als solcher von größerem Durchmesser, denn diese laufen meistens voll, so daß das Deponieren von Sandteilchen verhindert wird.

ad c) Bekanntlich sind nur die doppeltkohlensauren Salze in Wasser löslich. So lange die Röhren voll laufen, findet nur eine Verdünnung der Lösung, keineswegs aber ein Absetzen der Kalk- und Eisensalze statt. Sobald jedoch Luft in die Röhren eintreten kann, tritt ein Teil der Kohlensäure aus, und die basisch gewordenen Salze werden zu Boden gefällt. Vincent empfiehlt gegen diesen Übelstand, der übrigens in seltenen Fällen und in geringerem Umfange vorzukommen pflegt, ein tiefes Drainieren, glatte Röhren und ein möglichst starkes Gefälle.

ad d) Die unter gewissen Verhältnissen außerordentlich starke Vermehrung der Algen bekämpft man am besten durch Verwendung von größerem Durchmesser. Meist genügen zu diesem Zwecke Drainröhren von 5 cm Durchmesser.

Auffuchung verstopfter Stellen. Je nach dem Gefälle liegt die verstopfte Stelle in der auf der Oberfläche sichtbaren, morastigen Fläche, bei schwachem Gefälle unterhalb derselben. Unter Zugrundelegung des kotierten Planes läßt sich die Lage der Drains ausstecken, und kann so die verstopfte Stelle leicht aufgefunden werden. Man hebt zunächst einen kleinen Quergraben bis zur Tiefe des Drains aus und verfolgt die ausgesteckte Richtung, sobald man das Drainrohr aufgedeckt. Oberhalb der verstopften Stelle quillt das Wasser aus den Stoßfugen hervor.

9. Wirkung der Drainage.

132. Das durch die Drains abfließende Grund- oder Stauwasser ruft im Boden mechanische und chemische Veränderungen hervor. Es bilden sich infolge der Fortbewegung des Wassers unterirdische Kanäle, die sich in feine Adern verzweigen, deren Vereinigungspunkt der Saugdrain ist. Diese Risse erweitern sich beständig und führen eine Lockerung des zähen Tonbodens herbei. Wohl entstehen solche Risse nur allmählich, und insbesondere sind schwere Tonböden der raschen Wirkung der Drainage hinderlich; sind solche Risse jedoch einmal vorhanden, so ermöglichen sie ein immer rascheres Abfließen des überschüssigen Wassers in die Entwässerungsanlage. In die Zwischenräume, die das Wasser verlassen, kann nun Luft eintreten, den Boden oxydieren und erwärmen. Die Erwärmung findet sogar in einem solchem Maße statt, daß in einzelnen Fällen eine größere Bodenwärme beobachtet wurde, als

gleichzeitig die Luft und das Drainwasser Wärmegrade aufwies. Unzweifelhaft wirken solche Momente besonders günstig auf die Vegetation.

10. Erfolge der Drainage.

133. Die Berichte über die mit der Drainage erzielten Erträge bezeugen durchwegs, daß dieselben oft auf mehr wie das Doppelte gestiegen sind, überdies gleichmäßig blieben und auch eine bessere Qualität zeigten. Bei richtigen Anlagen wurden die ausgelegten

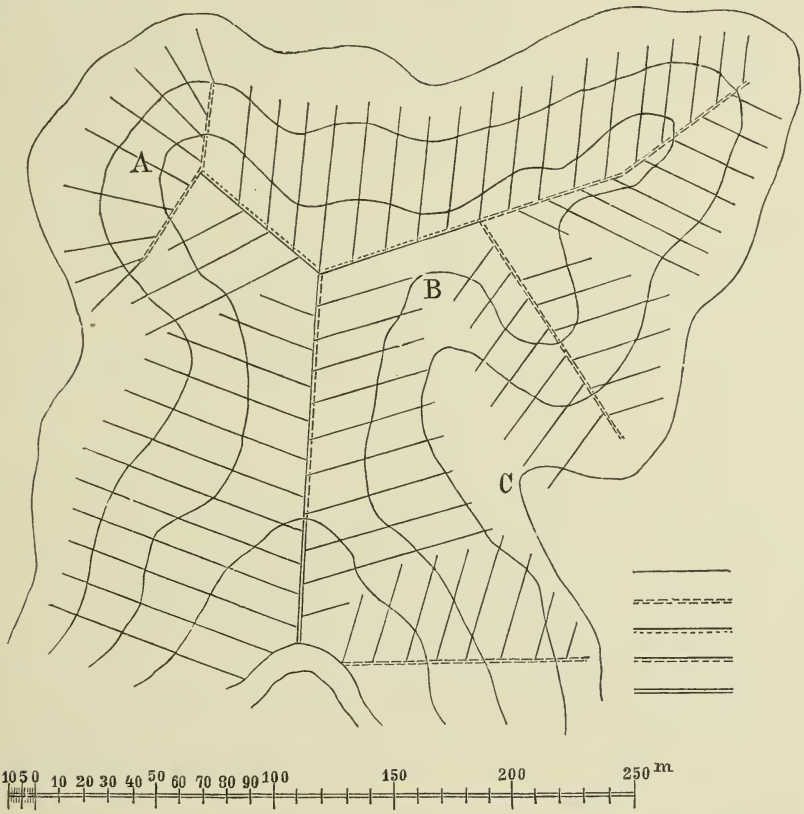

Abb. 171.

Beträge oft im ersten Jahre, stets aber in kürzester Zeit hereingebracht, abgesehen von dem Umstande, daß der Wert des Grundes durch die Drainage bedeutend erhöht wurde.

Die früher erwähnte Anordnung der Beete kann im drainierten Boden zwar entfallen, keineswegs aber die Wasserfurchen, welche bei starken Niederschlägen das Tagwasser abzuleiten haben.

In Abb. 171 ist für eine gegebene Bodenfläche eine Drainageanlage entworfen. Die Gesamtfläche beträgt 6·8 ha. Die

Bodenuntersuchungen ergaben sandigen Ton- und Lehmboden. Die Vorflut ist in entsprechender Tieflage vorhanden. Die Tieflage der Saugdrains beträgt 1·25 m, deren Entfernung wurde mit 15 m festgestellt. Die angegebenen Röhrendimensionen ergaben sich mit Rücksicht auf das vorhandene Gefälle, sowie die Größe der zu entwässernden Fläche.

Die Entwässerungsanlage besteht aus einem Haupt- und einem Nebensystem. Die Schichtenlinien sind von 0·25 m zu 0·25 m festgelegt.

Auf Grund der bisherigen Erklärungen ergibt sich für das vorstehende Drainageprojekt nachfolgender Kostenüberschlag:

Post-Nr.	Gegenstand	Geldbetrag einzeln M	Kr.	zusammen M	Kr.
1	Geländeaufnahme, Herstellung des Planes, Überwachung der Arbeiter und die Instandhaltung der Requisiten (15% vom Arbeitslohn)	—	—	158	70
2	Kosten der Drainröhren (samt 5% Zuschlag)				
	14700 Röhren (dm = 0·04 m) per Mille 35 M	516	25	—	—
	1600 „ (dm = 0·05 m) „ „ 45 „	72	—	—	—
	500 „ (dm = 0·08 m) „ „ 75 „	37	50	—	—
	450 „ (dm = 0·12 m) „ „ 115 „	51	75	—	—
	100 „ (dm = 0·15 m) „ „ 145 „	14	50	692	—
3	Erdaushub. 1406·7 cbm Erde à 0·3 Tagelöhnerschichte macht 422 Tagelöhnerschichten à 2 M . .	—	—	844	—
3	Zurichten und Vorlegen der Drainröhren, Austragen und Putzen der Röhren, per 150 m Grabenlänge eine Tagelöhnerschichte, 33 Tagelöhnerschichten à 2 M	66	—	—	—
4	Legen der Drains, per 350 m Stranglänge eine Tagelöhnerschichte, 12 Tage à 3 M	36	—	102	—
5	Zuschütten der Gräben, 1406·7 cbm à 0·04 Tagelöhnerschichte macht 56 Tage à 2 M	—	—	112	—
				1908	70
	Entfällt per Hektar	820	—		

11. Die Entwässerung des Moorbodens.

134. Moorboden ist bekanntlich das Produkt einer unvollkommenen Verwesung von Pflanzen. Durch den Austritt von Wasser besonders an den Niederungen der Flüsse und an deren Mündungen in das Meer werden häufig weite Flächen Landes mit einer dünnen Wasserschichte überdeckt, die das Entstehen von Sumpfpflanzen fördert. Ein periodisch wiederkehrender Austritt des Wassers verhindert die vollständige Verwesung und verursacht die Bildung

von Moor, Torf, Bruch usw. in Schichten von oft bedeutender Mächtigkeit. Solche unvollkommen zersetzten organischen Stoffe enthalten eine bedeutende Menge von Stickstoffverbindungen, mitunter auch andere, z. B. mineralische Pflanzennährstoffe, und können daher solche Böden, entwässert und entsprechend gedüngt, zu sehr fruchtbaren Ländereien umgewandelt werden.

Je nach ihrer Entstehung unterscheidet man Grünlandmoore und Hochmoore. Die ersteren entstehen durch die Wirkung von kalkhaltigem Wasser. Breitet sich dieses seicht aus, so entsteht eine doppelte Vegetation: Wiesenpflanzen auf den humosen Bestandteilen der Wasseroberfläche, Sumpfpflanzen auf dem Grunde. Die Folge ist ein gegenseitiges Verwachsen beider Pflanzenarten, wobei ein vollständiges Austrocknen und eine völlige Verwesung nicht stattfindet. Wiederholt sich die Überschwemmung periodisch, so wächst auch die Schicht des in dieser Weise sich bildenden Moores.

Die Hochmoore findet man, abgesondert von großen Strömen, häufig in Gebirgsgegenden in sehr hohen Lagen. Veranlassung zur Bildung von Hochmooren bilden kalihaltige Quellen, die, meist aus der Tiefe durch hydrostatischen Druck gehoben, hervorquellen und sich über tonige Flächen ausbreiten. Die Quellen überdecken den Boden mit einer dünnen Wasserschicht und veranlassen die Bildung von Sumpfpflanzen. Da wohl die Vegetation, keineswegs aber die Verwesung im selben Maße gefördert wird, so ist es klar, daß insbesondere in der unmittelbaren Umgebung der Quelle eine rasche Erhöhung der Hochmoore stattfindet, die selbst eine Höhe von 10 m und darüber erreichen. Da die Bildung der Vegetation an jener Stelle, wo die Quelle hervorbricht, am meisten gehemmt ist, so kann es vorkommen, daß bei Hochmooren im Gebirge das Wasser in einem erhöhten Punkte kraterartig hervorsprudelt und die Hänge überflutet. Ausgedehnte Moordistrikte findet man in Schweden, Finnland, Kurland, Pommern, desgleichen in den Ländern am Gestade der Nordsee, Friesland, Hannover, Holland, ferner in Irland und Schottland.

Der Moorboden besitzt eine bedeutende Wasserkapazität und Kapillarität, gehört daher in erster Linie unter die sogenannten kalten Böden, die bei allen sonstigen guten Eigenschaften ohne Entwässerung unproduktiv bleiben. Seine dunkle Färbung verursacht einen raschen Wechsel der Bodentemperatur, seine staubartige Form bringt Veränderungen der Oberfläche hervor und bietet den Halmfrüchten einen nicht genügend festen Standort.

Die Methoden der Urbarmachung befassen sich daher mit der Entwässerung des Moores und der Zubereitung einer geeigneten Ackerkrume. Durch die Entwässerung bewirkt man eine

Senkung des Grundwasserspiegels um ca. 1 m. Ist die Mächtigkeit des Torfes geringer, so schützt man denselben gegen völlige Austrocknung durch Aufstauen des Wassers bis zur Sohle des Torfes.

Bis heute wurden in den genannten Ländern Hunderte von Quadratmeilen Moorboden mit einem Kostenaufwande von vielen Millionen Mark in überaus fruchtbare Länderstrecken umgewandelt.

Da behufs der Beschaffung der Vorflut zur Abfuhr des Torfes usw. zunächst große Kanäle errichtet werden müssen, wobei die Senkung des Wasserspiegels die Einbeziehung größerer Gebiete verlangt, so lassen sich Meliorationen dieser Art meistens nur in großem Maßstabe, also im genossenschaftlichen Wege oder durch Intervention des Staates durchführen. Im allgemeinen pflegt man die Urbarmachung der Moore nach zwei voneinander wesentlich verschiedenen Methoden durchzuführen, und zwar:

a) durch die Veenkultur,
b) nach der Rimpauschen Dammkultur.

a) Die Veenkultur.

135. Die ausgebreitetste Verwendung dieser Methode der Urbarmachung der Moore findet man in Holland, wo die flachen Lagen ausgedehnter Moorgebiete durch die Anlage von Schiffahrtskanälen die Umwandlung des Bodens in reiche Erträge lieferndes Ackerland ermöglichen. Auch in Norddeutschland wurde die Veenkultur bisher mit großem Erfolge angewendet.

Das in die Entwässerung einbezogene Moorgebiet wird von einem schiffbaren, 10—20 m breiten Hauptentwässerungskanal, dessen Sohle in den unter dem Torfe gelagerten Sandboden ca. 0·5 m tief einschneidet, durchschnitten. Die oberste, teilweise verweste Erdschichte, die sogenannte Bunkerde, wird als Decklage für den zu kultivierenden Grund beiseite geschafft, der gewonnene Torf getrocknet und als Brennmaterial verschifft. Vom Hauptkanal zweigen Nebenkanäle ab, die sogenannten Inwiecken; es sind dies Kanäle von oft bedeutender Länge, 80—100 m und einer Breite von ca. 6 m. Sie stehen senkrecht zum Hauptkanal und begrenzen meist einen Besitz zu beiden Seiten.

Nach erfolgter Aushebung aller Kanäle wird die Bunkerde und ebenso der unter dem Torf liegende Sand abgenommen, und es findet die Abtorfung der zwischen den Inwiecken befindlichen Flächen, das Trocknen des Torfes und Abfuhr desselben durch Schiffe statt. Märcker gibt den durch das Abtorfen erzielten Ertrag mit 4000 Fl. pro Hektar an bei 2 m Tiefe.

Nach dem Abstechen des Torfes erfolgt eine Planierung der Fläche, das Ausbreiten der Bunkerde, das Überdecken derselben mit dem aus dem Untergrunde der Kanäle oder anderweitig gewonnenen Sande in einer Höhe von 10 cm, endlich ein gründliches Vermischen der Bunkerde mit dem Sande durch wiederholtes, allmählich tieferes Pflügen und Eggen bis zur vollständigen Zerkleinerung der Moorerde. Zum Erdtransport finden die früher besprochenen transportablen Feldeisenbahnen eine umfassende Verwendung.

Dieser so zubereitete und durch die Senkung des Wasserspiegels entwässerte Boden wird schließlich gedüngt. Zur Düngung verwendet man namentlich in Holland den Stadtdünger und Seeschlick, die in bequemer und billiger Weise durch Torfschiffe als Rückfahrt zugeführt werden. Dabei hat sich der Stadtdünger als besonders geeignet erwiesen, so daß z. B. die Stadt Groningen aus dem Verkaufe eines aus Exkrementen und Straßenkehricht hergestellten Kompostes einen Reingewinn von 30—40 000 Fl. bei einer Bruttoeinnahme von rund 100 000 Fl. erzielt.

Der Erfolg der Veenkultur wird allgemein als außergewöhnlich bezeichnet. Der Preis einer Fläche von 1 ha beträgt durchschnittlich 2500 Fl.

Man baut in den Niederlanden Gewächse jeder Art, Körnerfrüchte und Futterkräuter; auch Krapp, Hanf, Tabak, Lein. Etwa zwei Fünftel des produktiven Bodens bestehen aus zum großen Teile bewässerten Wiesen und Weiden; die Milchwirtschaft steht auf einer hohen Stufe, und auch die Rindviehzucht Hollands nimmt in bezug auf Rassen einen hervorragenden Platz im Weltmarkte ein.

b) Die Rimpausche Moordammkultur.

136. Der Gutsbesitzer Rimpau in Cunrau, Provinz Sachsen, hat auf seiner Besitzung in Drömling eine von der Veenkultur abweichende Methode der Moordammkultur eingeführt, die allgemein Anerkennung und eine immer weitere Verbreitung findet. Rimpau legt zunächst durch das Moor einen Hauptentwässerungsgraben (A, Abb. 172) und senkrecht zu diesem, ca. 20—25 m voneinander entfernt, die Seitengräben B. Diese Gräben münden nicht direkt in den Hauptkanal; es bleibt ein ca. 12 m breites Vorland entlang des Hauptgrabens liegen, damit die Verbindung nach allen Richtungen erhalten bleibt.

Die Verbindung zwischen dem Hauptkanal und den Nebenkanälen vermittelt ein Drainrohr. Im durchlässigen Grund findet

die Wasserabfuhr aus dem Seitengraben ohne weitere Vermittlung durch den Untergrund statt.

Man beginnt mit der Aushebung der Gräben, bis man auf den meist sandigen, jedenfalls vegetationsfreien Untergrund gelangt. Diese Moormasse wird zur Überdeckung der alten Grasnarbe und zur Planierung des Bruches benutzt. Die aufgebrachte Rasennarbe verwest unter dem feuchten Moor, die Bruchvegetation wird unterdrückt und für die Entwicklung der Kulturpflanzen ein geeigneter Ackerboden geschaffen. Nun wird aus den Gräben so viel Untergrund respektiv Land heraufgebracht, als zu einer 10 cm hohen Decklage auf den Dämmen erforderlich ist. Für eine Breite von 12·5 m zu jeder Seite der Gräben benötigt man 2·5 m^3 Untergrund für den laufenden Meter Graben.

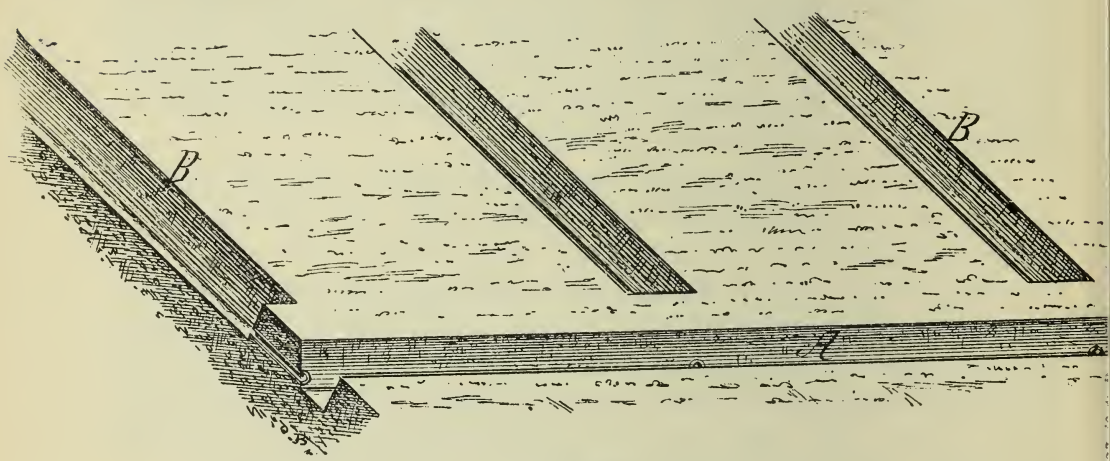

Abb. 172.

Beim Aufbringen der Deckschichte ist das Fernhalten aller Unkrautsamen Bedingung eines guten Gedeihens der Kulturpflanzen. Gut geeignet ist ein toter toniger oder lehmiger Untergrund, überhaupt jede Erdart, die frei ist von Säuren, schwefelhaltigen Kiesen und sonstigen, das Wachstum der Pflanzen schädigenden Stoffen. Von allen Bodengattungen ist zur Bildung der Decklage der Sand am geeignetsten. Er bildet keine Krusten, gefriert nicht und läßt sich leicht bearbeiten.

Düngung. Der humus-, also stickstoffreiche Moorboden bedarf zur Erhöhung der Fruchtbarkeit einer Ergänzung durch mineralische Pflanzennährstoffe. Diese sind Kalk, Kali und Phosphorsäure. Der Kalk ist meist in der Deckschichte enthalten, daher düngt Rimpau nur noch mit Kainit und Superphosphat in starken

Gaben. Stalldünger wird nicht dem Moorboden, sondern den sonstigen festländischen Äckern zugeführt.

Baukosten der Dammkultur. Diese ergeben sich zunächst aus dem Grabenaushub, dem Erdtransporte und der Planierung. Der Erdaushub hängt vom Wasserstande, der Bodenbeschaffenheit, der Jahreszeit, der Steilheit der Grabenwände usw. ab. Rimpau berechnet die Kosten der gesamten Erdbewegung pro Hektar mit 346 ℳ.

Mit Rücksicht auf sonstige Nebenkosten, die Planierung, Karrenabnützung, Draindurchlässe, Wasserheben, Aufsicht und sonstiges stellten sich die Gesamtkosten besonders unter schwierigen Verhältnissen auf 400—500 ℳ pro Hektar. Muß das Deckmaterial aus weiterer Entfernung zugeführt werden, so nehmen die Kosten beträchtlich zu.

Rentabilität. Bei richtiger Anlage, Entwässerung und Düngung stellten sich schon mit dem ersten Jahre hohe Reinerträge ein. Rittergutsbesitzer Karow in Mecklenburg-Schwerin hat eine Fläche von 92 ha kultiviert. Der Sand konnte nicht aus dem Untergrunde bezogen, sondern mußte von einem Sandberge 300 m weit zugeführt werden. Der Preis stellte sich auf 1000 ℳ für das Hektar. Die Genossenschaft der Gemeinde bei Dahms, Provinz Brandenburg, meliorierte 118 ha mit einem Kostenaufwande von 300 ℳ pro Hektar. Die Verzinsung betrug 40 %. Rimpau berechnet sie mit 240—360 ℳ pro Hektar. Nach diesen Zahlen*) bringt die Moordammkultur nach der Rimpauschen Methode eine Verzinsung des Anlagekapitals wie kaum eine andere Bodenmelioration.

B. Von der Bewässerung des Bodens.

1. Allgemeines.

137. Wenn den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen das zu ihrer Vegetation erforderliche Wasser mangelt, so vermögen sie keine Nährstoffe aufzunehmen; sie kranken und verdorren. Das Wasser wirkt für das Bestehen der Pflanzen in zweifacher Weise. Zunächst löst es die im Boden befindlichen Nährstoffe, zersetzt im Vereine mit der atmosphärischen Luft chemisch und mechanisch die Salze und Mineralien des Bodens und macht ihn fruchtbar. Hauptsächlich aber wirkt das Wasser befruchtend durch die in ihm gelösten Salze, feine

*) Nach Georg Freiherr von Massenbachs Anleitung zur Rimpauschen Moordammkultur.

Erdteilchen, sowie sonstige Dungstoffe, die durch die lebendige Kraft des Wassers weitergetragen werden und beim Versickern in den Boden der Pflanze zugute kommen.

Die Verteilung der atmosphärischen Niederschläge ist im allgemeinen keine solche, wie sie für verschiedene Kulturen erwünscht wäre. Einzelne Teile der Erdoberfläche wären ohne künstliche Anfeuchtung gänzlich unfruchtbar bei allen sonst günstigen Vegetationsbedingungen. Ohne künstliche Bewässerung wären große, gegenwärtig fruchtbare Landstriche Algiers Teile der angrenzenden Wüste. Die Engländer haben in der Restaurierung der Bewässerungsanlagen Indiens und durch kostspielige Neuanlagen die Erträge des fruchtbaren Landes vervielfältigt. Die ehemalige Kornkammer Europas, Ägypten, hat seine hohen Erträge und mehrere Ernten innerhalb eines Jahres dem jährlich austretenden Nil zu verdanken, dessen warmes schlammhaltiges Wasser, durch zweckmäßige Kanäle über das Land verteilt, dem Boden einen hohen Grad von Fruchtbarkeit verleiht. Doch auch Europa besitzt große Bewässerungsanlagen, vorzüglich die südlichen Länder. Es sei auf den „Garten Spaniens", die Huerta in der Provinz Valencia, die Wiesen- und Reisfelderbewässerung in der Lombardei, die Bewässerungsanlagen an der Durance im südlichen Frankreich, sowie sonst in der Normandie, die Campine in Belgien, endlich auf die 6000 ha umfassende genossenschaftliche Bewässerungsanlage im Kreise Siegen hingewiesen, welch letztere infolge besonders günstiger örtlicher Verhältnisse sehr zufriedenstellende Erfolge aufweist. Österreich besitzt im großen Maßstabe ausgeführte Bewässerungsanlagen nicht; die projektierte Bewässerung des Marchfeldes durch ein aus der Donau abzuleitendes Wasser ist immer noch nicht in jenem Stadium, das auf eine baldige Durchführung schließen ließe.

Der Zweck der Bewässerung in den tropischen Ländern ist jedoch von jenem in unserem gemäßigten Klima wesentlich verschieden. In den Tropen dient sie während der Periode der Dürre nur zur Anfeuchtung des Bodens, dagegen verlangen unsere klimatischen Verhältnisse meist eine düngende Wirkung des Wassers. Im ersteren Falle ist der Wasserbedarf ein geringerer, im zweiten Falle erheblich größer.

2. Bedingungen zur Anlage einer Bewässerung.

138. Während eine Entwässerungsanlage nur an das Vorhandensein einer Vorflut geknüpft ist, erfordert eine Bewässerung außerdem ein genügendes Wasserquantum von entsprechender Beschaffenheit in bestimmter Höhe. Es ist daher diese Melioration

meist schwerer durchzuführen, um so mehr, als von einem geeigneten Wasser häufig schon Triebwerke u. a. Besitz ergriffen haben und in diesem Falle gegen eine Wasserentnahme Einspruch erheben dürften. Überdies muß der Grad der Durchlässigkeit des Bodens, die Gestaltung der Erdoberfläche, die Kulturgattung, der Kostenpunkt im Vergleiche zum zu erhoffenden Ertrage Berücksichtigung finden.

Die meisten fließenden Gewässer führen ein das Wachstum guter Pflanzen förderndes Wasser. Sie enthalten alle jene Stoffe, die dem Boden durch die Ernte entzogen wurden. Der Dungwert eines Gewässers wird meist erhöht, wenn es Zuflüsse von Böden verschiedener mineralischer Zusammensetzung erhält. Die Berührung mit der atmosphärischen Luft bereichert es mit Sauerstoff; Zuflüsse von Äckern und Wäldern führen die düngenden Bestandteile zu.

Das beste Mittel zur Beurteilung des Wassers ist die chemische Analyse; doch gibt über dessen Eigenschaften schon die an seinen Ufern befindliche Flora sicheren Aufschluß. Viele Abwässer der Fabriken, Stärke-, Zuckerfabriken und Brauereien, sofern sie nicht schädliche Säuren enthalten, können, besonders bei entsprechender Verdünnung, zu Bewässerungen benutzt werden. Weniger geeignet sind sauerstoffarme kalte Quellen oder Brunnenwasser; es empfiehlt sich, sie in Teichen vorzuwärmen, aber auch diese können unter gewissen Verhältnissen die Erträge des Bodens erheblich steigern. Das große Quellengebiet zwischen dem Po und dem Fuße der Alpen wird zur Bewässerung der Winterwiesen (Marcite) benützt. Den Wert des Zuflusses aus Quellen schätzt man in der Lombardei auf 17 Millionen Mark. Die Temperatur derselben ist im Winter bedeutend höher wie jene der Luft und des Bodens, daraus ergibt sich ihr hoher Wert für die Winter- und die Frühjahrsbewässerung.

Eisen- und säurehaltiges Wasser (Humussäure) aus Moor- oder Torfgründen sind meist zu Bewässerungszwecken ungeeignet. Das auf eine Fläche aufgeleitete Wasser wird durch einen Zuleitungsgraben zunächst auf deren höchsten Punkt zugeführt. Von diesem breitet es sich, nach verschiedenen Anordnungen, über die zu bewässernde Fläche aus. Das überschüssige Wasser muß, um eine Versumpfung hintanzuhalten, abgeführt werden. Dies setzt eine entsprechende Tieflage der Vorflut voraus.

Die erforderliche Wassermenge hängt von verschiedenen Faktoren ab; das Klima, die Beschaffenheit des Bodens, die Qualität des Wassers, die Kulturgattung, die Gefällsverhältnisse usw. üben auf dieselbe einen Einfluß aus. Die sichersten Anhaltspunkte würden diesbezügliche Versuche ergeben. Die Angaben verschiedener Wasserbautechniker variieren bedeutend untereinander, stimmen jedoch darin überein, daß größere Wassermengen in den meisten Fällen bessere

Erfolge erzielten. Dies ist wohl darin begründet, daß die düngende Wirkung derselben auch größer wird, vorausgesetzt, daß während oder nach der Berieselung der Pflanzen auch die nötige Menge atmosphärischer Luft und dadurch Wärme und Sauerstoff zugeführt wird, um einzelne der Nährstoffe aufzuschließen.

Kann ein Wasser durch ein Zuleiten von Jauche usw. verbessert werden, so genügen auch für unser Klima geringere Wassermengen. Andererseits ist es erklärlich, daß zu konzentrierte Lösungen von Pflanzennährstoffen dem Gedeihen der Pflanzen nachteilig werden können.

Obwohl die besprochene Melioration*) für alle Kulturen sich empfiehlt, so findet man eine Bewässerung der Äcker selten; für diese genügen meist die atmosphärischen Niederschläge. Größere Wassermengen beanspruchen Wiesen und Gemüsegärten**), die bei den letzteren übliche Form der Beete läßt übrigens meist nur die Bewässerung durch Einstauung zu. Die ausgebreitetste Verwendung finden die Bewässerungsmethoden im Wiesenbaue; die Gräser beanspruchen zu ihrem Gedeihen einen hohen Grad von Feuchtigkeit. Es muß jedoch dafür gesorgt werden, daß das Wasser in einer gleichmäßigen, dünnen Schichte über die Hänge rieselt, damit eine Versumpfung an etwa vorhandenen Vertiefungen nicht eintritt, sowie daß die atmosphärische Luft mit dem Wasser abwechselnd zu den Pflanzenwurzeln gelangen kann.

---

*) Melioration der Booker Haide von Wurffbain, Berlin 1856 S. 10.

**) Zur Bewässerung der Gemüsegärten steht häufig ein fließendes Wasser nicht zur Verfügung; man benützt daher oft das Brunnenwasser zur Einstauung. Mit Vorteil benützt man zu diesem Zwecke ein Becherschöpfwerk, welches in den Brunnen eingehängt wird. Diese Anordnung eignet sich bis zu einer Brunnentiefe von 10 m. Man erhält auch Schöpfwerke mit Antriebsvorrichtungen und Schwengel zum Anspannen des Pferdes, dann entfällt die Beschaffung eines Göpels. Das geschöpfte Wasser leitet man direkt in die Wasserrinnen und aus diesen verteilt man es durch Wurfschaufeln über die Beete. Die Firma Umrath & Cie. in Prag liefert Becherschöpfwerke bis 3 m Hubhöhe um za. 400 Kr. = 330 *M*. Jeder Meter mehr weitere 60 Kr. = 50 *M*. Per Minute hebt ein Becherwerk za. 300—400 l. Verfügt man über größere Wasserbehälter, so kann ein Windmotor an Stelle des tierischen treten, doch ist das Schöpfen von der Stärke und Häufigkeit der Winde abhängig. Eine hervorragende Firma in diesen Fache ist für Wien J. Friedländer.

Hydraulische Widder als selbsttätige Wasserförderungsanlage liefert die Kommanditgesellschaft für Pumpen usw. W. Gavens in Hannover und Richard Langensiepen in Buckau-Magdeburg.

3. Die Bewässerungssysteme.

Man unterscheidet folgende Methoden der Bewässerung:
a) die Einstauung in Wassergräben,
b) die Überstauung,
c) die wilde Rieselung,
d) die Überrieselung im Hagbau oder Rückenbau,
e) die Petersensche Wiesenbewässerung.

a) Einstauung in Wassergräben.

139. Diese Methode kann zur Anfeuchtung verschiedener Kulturen, vorausgesetzt, daß ihre Lage ziemlich horizontal ist, verwendet

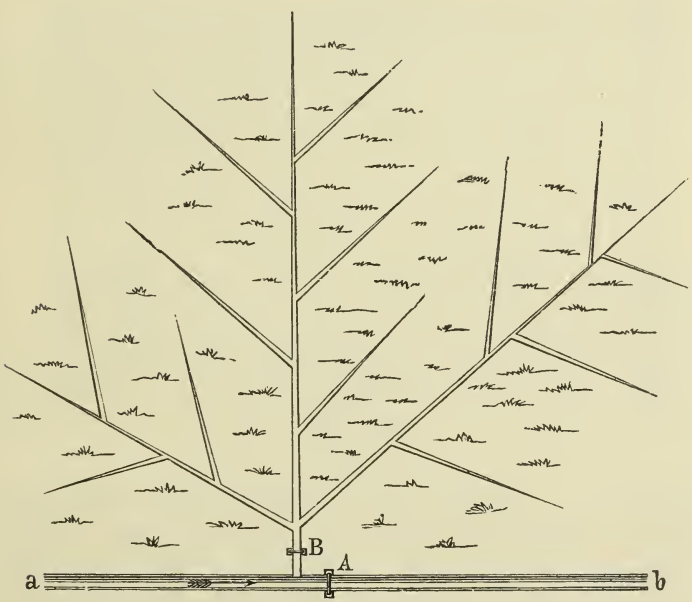

Abb. 173.

werden. Abb. 173 zeigt das Prinzip der dabei zu treffenden Anordnung. Im Graben oder natürlichen Wasserablauf a b ist eine Stauschleuse A angebracht, durch die das Wasser nach Bedarf zurückgestaut wird, so daß es das sich verzweigende Grabennetz anfüllt. Je enger die einzelnen Gräben aneinandergelegt werden, desto gründlicher findet eine Durchfeuchtung der zwischen ihnen befindlichen Tafeln statt; doch ist damit der Nachteil verbunden, daß die Kommunikation erschwert ist und ein Teil des produktiven Bodens in den Gräben liegt. Der Wert dieser einfachen Melioration beruht eigentlich nur darin, daß sie z. B. im Frühjahre auch zur Ent-

wässerung benutzt werden kann. In diesem Falle dient der Graben a b als Vorflut.

Eine zweckmäßigere Anordnung der Einstauung besteht in der sogenannten Furchenbewässerung, welche Methode sich bei Kartoffel- und Rübenfeldern empfiehlt. Auch im Gemüsebau findet sie eine Anwendung. Es werden nach erfolgter Auspflockung der Schichtenlinien mit einem Pfluge Furchen in sehr geringem Gefälle erstellt (Abb. 174). Die Entfernung derselben richtet sich nach der Art der anzubauenden Gewächse, für Gemüse genügt eine Breite von 2—3 m, bei Kartoffeln die normale Furchenbreite. In der Abbildung bedeutet a b den Zuleitungsgraben, von dem aus die Be-

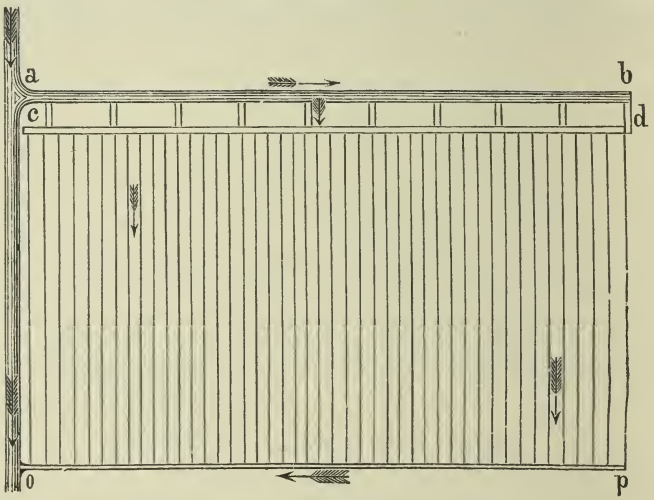

Abb. 174.

wässerungsrinne c d gespeist wird. Die zwischen beiden befindlichen kurzen Rinnen dienen zur beliebigen Füllung eines Teiles der Bewässerungsrinne. Es hat dies den Vorteil, daß das Profil des Zuleitungsgrabens durch die einzelnen Furchen nicht beschädigt und die Anstauung der Furchen durch Einschaltung eines Staubrettes partienweise vorgenommen werden kann.

Diese Bewässerungsmethode ist in jedem Gelände durchführbar und empfiehlt sich durch ihre Billigkeit und leichte Ausführung.

Der Graben o p hat den Zweck, das überschüssige Wasser abzuleiten.

b) Die Überstauung.

140. Die nach dieser Methode erzielten Erfolge sind meist ebenfalls nur unvollkommen. Der zu überstauende Grund wird zunächst in ähnlicher Weise wie bei der Kolmation, mit Dämmen von

0·3—0·4 m Höhe und inwendig sehr flachen Böschungen eingefaßt. Den Wasserzu- und -abfluß regelt man durch Schleusen. Man leitet das Wasser in den abgeschlossenen Raum ein, wo es sich zunächst in den Gräben und sodann über die ganze Fläche ausbreitet. Nach gründlicher Durchfeuchtung des Bodens wird das Wasser langsam abgelassen. Handelt es sich um Düngung des Bodens durch ein trübes Wasser, wie es häufig im Frühjahr zur Verfügung steht, so kann dieser Vorgang mehrere Male wiederholt werden.

Man rühmt an dieser Methode die billige Herstellung, die Ausnützung der in größeren Wassermengen abgelagerten Sinkstoffe, sowie Schutz der Pflanzen im Frühjahre gegen die Wirkungen der Fröste. Doch sind vielfach auch Nachteile vorhanden; die schützende Wasserfläche verweichlicht die Pflanzen, bei niederem Wasserstande und an den Rändern friert der Boden auf und zerreißt die Pflanzenwurzeln, das Wachstum der Sumpfpflanzen wird gefördert. Unzweifelhaft werden durch die Überstauung ähnliche Erfolge wie bei der Überrieselung im Hangbau nicht erzielt. Wesentliche Vorteile erreicht man bei Wiesen, wenn eine Überstauung nach dem ersten Schnitte stattfinden kann.

c) Die wilde Rieselung.

141. Wenn entlang einer zu bewässernden, am besten langgestreckten und abfallenden Grundfläche, meist einer Wiese, ein Wasserlauf in entsprechender Höhenlage vorüberführt, derart, daß das Wasser durch im Gerinne angebrachte Staue an einzelnen Stellen zum Austritt und zum Überrieseln der betreffenden Wiese gebracht wird, so nennt man diese Bewässerung die wilde Rieselung. Diese Bewässerungsart hat wesentliche Nachteile; das zur Verfügung stehende Wasser kommt nicht der ganzen Fläche gleichmäßig zugute. Unmittelbar am Einlauf zeigt sich der beste Erfolg, weiter entfernte Wiesenpartien werden vom Wasser entweder gar nicht oder sehr unvollkommen berieselt. Man trachtet, durch quer über das Grundstück angelegte Rinnen das Wasser allen Teilen zuzuführen, um eine gleichmäßige Benetzung zu erzielen. Nach der größeren oder geringeren Vollkommenheit dieser Anlage der Gräben richtet sich der Erfolg. Einen Vorteil hat diese Methode, den der Einfachheit und Billigkeit, für ausgedehntere Flächen eignet sie sich jedoch nur in seltenen Fällen.

d) Die Überrieselung in Hangbau oder Rückenbau.

142. Diese im Wiesenbau angewendete Methode ist nebst der später erwähnten Bewässerung im Rückenbau die vollkommenste. Sie

besteht darin, daß durch ein geeignetes Grabennetz ein System von horizontalen Gräbchen mit Wasser gefüllt wird, bis dasselbe über eine Kante überschlägt und die tieferliegende Lehne gleichmäßig überrieselt. Durch die Überrieselung wird zunächst der Boden mit Wasser imprägniert; die Pflanzenwurzeln schöpfen aus der Nährstofflösung ihre Nahrung. Der Boden hält die im Wasser suspendierten Stoffe, mechanisch als Filter wirkend, auf; er bindet jedoch auch verschiedene Salzlösungen, die dem Wachstum der Pflanzen förderlich sind. Je langsamer diese Bewegung des Wassers im Boden stattfindet, desto gründlicher findet die Absorption der Pflanzennährstoffe statt, desto geringer ist der Wasserbedarf. Das Wasser soll über den Hang in einer sehr dünnen, gleichmäßigen Schichte rieseln. Werden die Pflanzen vom Wasser überdeckt, so daß sie von der atmosphärischen Luft abgeschlossen sind, so wird ihnen eine Bedingung ihres Wachstums, die atmosphärische Luft, entzogen; sie gehen zugrunde. Daraus folgt, daß die Hänge eine vollkommen ebene Fläche bilden sollen. Sind diese von der Natur aus bei einer Wiese vorhanden oder mit einiger Nachhilfe erreichbar, überdies die Gefällsverhältnisse günstig, so kann der natürliche Hangbau zur Anwendung kommen. Beim künstlichen Hangbau werden die Flächen neu angelegt, die Rasendecke aus Rasenziegeln oder durch Besamung gebildet, häufig auch ein künstliches Gefälle beschafft. Die nach diesem System angelegten Wiesen nennt man Kunstwiesen.

Nicht jeder Boden eignet sich zur Bewässerung. Im Sandboden und Kies von größerer Mächtigkeit wird das Wasser verschluckt und geht in der Tiefe verloren. Schon in den Gräben ergeben sich große Wasserverluste. Ebenso sind undurchlässige Tonböden, auf denen das Grundwasser stagniert, nicht geeignet. Das Bewässerungswasser rieselt über sie hinweg, ohne den Pflanzen wesentlich Nahrung zuzuführen. Solche Böden müssen vorerst durch eine Drainage entwässert werden. Die geeignetste Bodenart ist sandiger Tonboden, der möglichst viel Wasser aufnehmen kann und der Luft sowie der Wärme Zutritt gewährt.

α) Das Grabennetz für die Hangbewässerung.

143. Eine Hangbewässerung kann nur durchgeführt werden, wenn sich die erforderliche Wassermenge in entsprechender Höhe über dem zu berieselnden Grundstücke befindet. Gewöhnlich findet diese Wasserzufuhr mittelst eines künstlich angelegten Grabens statt, der von einem natürlichen Wasserlauf, einem Teiche usw., gespeist wird. Dieser Graben, der Zuleitungsgraben, erhält ein sehr geringes Gefälle, etwa 0·007—0·014 %, dafür aber größere Abmessungen,

damit darin größere Wasservorräte aufgespeichert werden können. Der Zulauf des Wassers zum Zuleitungsgraben muß nach Bedarf regulierbar sein; dies geschieht durch die Anbringung einer Schleuse am Beginne des Grabens. Dieser Schleuse fällt auch die Aufgabe zu, das Hochwasser von der Bewässerungsanlage fernzuhalten.

Die Dimensionen dieses Grabens hängen ab von der zuzuführenden Wassermenge. Sie lassen sich demnach nach S. 114 bestimmen. Nach den dort angegebenen Regeln müssen auch die Böschungen des Zuleitungsgrabens festgestellt werden.

Aus dem Zuleitungsgraben gelangt das Wasser in die Verteilungsgräben. Diese sind horizontal bei der Furchenbewässerung; sonst gibt man ihnen das größte Gefälle, soweit dies mit Rücksicht auf das gestattete Maximalgefälle (S. 114) zulässig ist. Die Verteilungsgräben dienen zur Speisung der Wasserrinnen. Letztere sind kleine, halbrunde oder rechteckige Gräbchen, die, wie bereits erwähnt, die Berieselung des Hanges unmittelbar besorgen. Auch diese sind vollkommen horizontal. Ihre Unterkante muß behufs gleichmäßigen Überschlagens des Wassers geebnet sein und so abgeglichen auch erhalten werden. Nach Vincent sollen die Rieselrinnen folgende Längen erhalten: Beim Rückenbau, wenn die Rücken 8 m breit angelegt sind, nicht über 24 m, für 12 m breite Rücken 28 m, für 16 m breite Rücken nicht über 32 m. Beim Hangbau 16—20 m, wenn die Speisung an einem Ende, doppelt so lang, wenn sie von der Mitte aus stattfindet. Das überschüssige Wasser wird am Fuße des Hanges von Sammelrinnen aufgefangen und dem Entwässerungsgraben zugeführt. Die Sammelrinnen haben die Dimensionen der Rieselrinnen, sind jedoch etwas tiefer eingeschnitten und erhalten ein kleines Gefälle. Der Entwässerungsgraben nimmt das Wasser aller Entwässerungsrinnen auf und erhält demnach eine dem wachsenden Zuflusse entsprechend größere Dimension.

Wird das bereits einmal verwendete Rieselwasser neuerdings zur Bewässeruug der tiefer gelegenen Hänge benutzt, so wird der Entwässerungsgraben zum Zuleitungsgraben, wobei überdies eine Vermehrung des Wassers durch eine Zuleitung vom natürlichen Wasserlaufe aus stattfinden kann.

β) Beschaffenheit und Herstellung der Hänge.

144. Im natürlichen Hangbau müssen die Gräben den bestehenden Gefällsverhältnissen des Geländes angepaßt werden. Die Rieselrinnen kommen in die Richtung der Schichtenlinien, die Hänge erhalten, je nach deren Neigung, verschiedene Breiten. Bei stärkerem

Gefälle werden die Hänge breiter gemacht, ebenso dann, wenn das Rieselwasser reich ist an Dungstoffen. Die geringste Breite der Hänge wird mit 3 m, die größte mit 10 m angenommen. Zu breite Hänge bei stärkerem Gefälle haben den Nachteil, daß die einzelnen Wasserfäden, statt sich um die Gräser herumzuwinden, Rinnen bilden, das Gras überdecken und den Boden auch ausschwemmen könnten.

Beim künstlichen Hangbau, der ausnahmsweise Verwendung findet, werden die entsprechenden Erdbewegungen vorgenommen; man hat daher die Gestaltung der Hangflächen in der Hand. Häufig wird mit dem natürlichen Hangbau begonnen und dieser allmählich zu einer Kunstwiese umgestaltet. Man gibt den Flächen, ob sie im Hangbau oder Rückenbau angelegt sind, ein Gefälle von mindestens 4 %. Nur bei schweren undurchlässigen Tonböden muß ein stärkeres Gefälle angeordnet werden. Daher erhalten Rücken von z. B. 16 m Breite ein Höhe von mindestens 30 cm. Unter Rückenbreite versteht man beide von einer Rinne bewässerte Hangflächen.

Welche der beiden genannten Methoden im Kunstwiesenbau angewendet werden soll, richtet sich nach den bestehenden Gefällsverhältnissen. Der Hangbau wird bei stärkerem Gesamtgefälle angeordnet. Sinkt dasselbe jedoch unter 2 %, so empfiehlt sich die Anwendung des Rückenbaus.

Die Länge des Rückens hängt vom Flächengefälle ab. Bei stärkerem Gefälle werden die Rücken kürzer gemacht, damit der tiefste Punkt der Rieselrinne nicht zu hoch über das natürliche Gelände zu liegen kommt; es hätte dies zu kostspielige Erdanschüttungen zur Folge. Der Kunstwiesenbau empfiehlt sich mit Rücksicht auf die oft bedeutenden Herstellungskosten nur dann, wenn ein konstantes Wasser von guter Beschaffenheit jederzeit zur Verfügung steht und auch die Möglichkeit vorhanden ist, die Wiesen gründlich trockenzulegen.

γ) Erforderliche Wassermenge.

145. Die Wassermenge muß zu der zu rieselnden Fläche in richtigem Verhältnisse sich befinden; bei der Verwendung geringerer Wassermengen, z. B. für größere Flächen, könnte der Kostenpunkt den Nutzeffekt übersteigen. Desgleichen kann das Rieseln einer Fläche mit überschüssigem Wasser, besonders wenn dieses viel Dungstoffe enthält, dem Pflanzenwuchs auch schädlich sein. Man pflegt den Wasserbedarf in Litern auf die Flächen- und Zeiteinheit zu beziehen.

Vincent geht von dem Grundsatze aus, daß den Wiesen die Nährstoffe, die durch Heuabfuhr dem Boden entnommen wurden,

durch das Rieselwasser wieder ersetzt werden müssen. Er empfiehlt für Hänge von 8 m Breite oder Rücken von 16 m Breite 60 Liter
" " " 6 " " " " " " 12 " " 90 "
" " " 4 " " " " " " 8 " " 120 "

Bedeutend geringer sind die Anforderungen anderer Wiesenbautechniker. Dünkelberg bezeichnet eine Bewässerung mit
42—53 Litern für Hektar und Sekunde als ausgezeichnet
35 " " " " " " sehr gut.
28 " " " " " " gut.
17 " " " " " " genügend, und beansprucht für eine anfeuchtende Bewässerung eine tägliche Stauhöhe von 5—7 cm, für eine düngende Bewässerung eine solche von 24 cm Höhe.

Petersen gibt für sein Wiesenbausystem den Wasserbedarf mit 12 Liter für Hektar und Sekunde an.

In der belgischen Campine rechnet man bei kontinuierlichem Zufluß 30 Liter, in den Vogesen für die Wiesenbewässerungen 20—50 Liter für Hektar und Sekunde.

Diese Werte sind als Durchschnittswerte zu betrachten, um so mehr, als die Perioden, während welcher die Rieselung stattfindet, verschieden sind und auch der Dungstoffgehalt, die Bodengattung und die physikalische Beschaffenheit, der Düngungszustand, das Gefälle, die Jahreszeit darauf einen Einfluß ausüben. Man muß daher auch den örtlichen Verhältnissen Rechnung tragen.

Benutzung verschiedener Abwässer zu Bewässerungen.

146. Die Abwässer landwirtschaftlicher Industrien, Zucker- und Stärkefabriken, Brauereien usw. enthalten meist eine bedeutende Menge von Pflanzennährstoffen, und während sie für die betreffenden Anlagen oft zu einer Kalamität werden, indem sie verschiedene sanitäre Übelstände zur Folge haben, die nur mit großem Kostenaufwande behoben werden können, würden sie, entsprechend zur Bewässerung verwertet, bedeutenden Nutzen stiften. Es wurden auch derartige Abwässer wiederholt im großen Maßstabe zur Bewässerung mit Erfolg benützt. So z. B. bewässern mehrere Zuckerfabriken im Departement du Nord ihre Rübenfelder. Man wendet da meist die Furchenbewässerung in Verbindung mit Drainageanlagen bei schwer durchlässigen Böden an. Diese Bewässerung erwies sich als sehr ertragreich. In Masny berechnet man den Ertrag eines berieselten Ackers mit 60 000 kg Rüben pro Hektar. Daß diese Verwertung der Abwässer nicht immer die erwarteten Erfolge aufzuweisen hatte, Versumpfungen eintraten, die Gärung und Fäulnis

schlechte Gase entwickelten und die Umgebung in sanitärer Beziehung schädigten, sind nur Beweise für die unrichtige Anlage, keineswegs aber für deren Undurchführbarkeit. Entsprechend große Rieselflächen, Zusatz von reinem Wasser, Kulturen, die viel Nährstoffe verbrauchen, Entfernung des überschüssigen Wassers durch eine gut angelegte Drainage sind Mittel, die jedenfalls verläßlicher wirken als Reinigungsanlagen der Abwässer, bei denen es bisher nicht gelang, die im Wasser gelösten gärungsfähigen und faulenden Stoffe vollständig zu beseitigen.

In vielen Fällen liegt die Anlage nicht genügend hoch, um die Abfallwässer im natürlichen Gefälle auf die zu bewässernden Grundstücke zu leiten. Berücksichtigt man jedoch, daß die meisten Reinigungsanlagen bedeutende Kapitalien beanspruchen und die Reinigung täglich Kosten verursacht, so wird eine Wasserhebung durch Dampfmaschinen zu Rieselzwecken unter Umständen billiger sein als jede Reinigungsmethode. Eine Zentrifugalpumpe zum Preise von ca. 600—700 ℳ hebt mit Hilfe einer Lokomobile in 12 Stunden ca. 1000 cbm Wasser 12 m hoch. Sind die zu bewässernden Grundstücke nicht zu weit entfernt, so kann das Wasser — wenn man es vorerst in Klärbassins eingeleitet — in entsprechend hohe Behälter gehoben und von da aus durch Röhren an den Bestimmungsort geleitet werden. Die Kosten bringt meist der höhere Ertrag herein.

Eine Bewässerung mit städtischem Kanalwasser wurde bereits in vielen Großstädten mit Erfolg angewendet. Mit der düngenden Bewässerung verfolgt man überdies überall den Zweck, eine Reinigung des Wassers durchzuführen. Diese erzielt man durch eine Drainage. In Paris bewässert man über 1000 ha mit etwa drei Fünftel der vorhandenen Abwässer. In England finden solche Anlagen die ausgedehnteste Verbreitung. In Deutschland besitzt Berlin umfangreiche Rieselanlagen mit städtischem Kanalwasser.

δ) Die Anordnungen des Hangbaues.

147. Die einfachste Form des Hangbaues ist aus der Abb. 175 ersichtlich. a a ist der Zuleitungsgraben, von diesem zweigt der Verteilungsgraben b b ab. Dieser speist die in der Richtung der Schichtenlinien gelegenen Rieselrinnen c c, die sowohl von dem überschüssigen Wasser, das von der oberen Tafel abrieselt, als auch vom Verteilungsgraben aus gefüllt werden. Zu diesem Zwecke werden in den Verteilungsgraben Rasenstücke eingelegt, die das Wasser zum seitlichen Austritte zwingen. Nach erfolgter Ausnutzung gelangt das Wasser in den Entwässerungsgraben d d, von dem aus

es entweder neuerdings zur Berieselung verwendet oder ganz abgeleitet wird. Im Falle einer wiederholten Benutzung desselben Wassers kann es überdies durch die Zuleitung eines dem natürlichen Wasserlauf entnommenen Wassers verbessert werden.

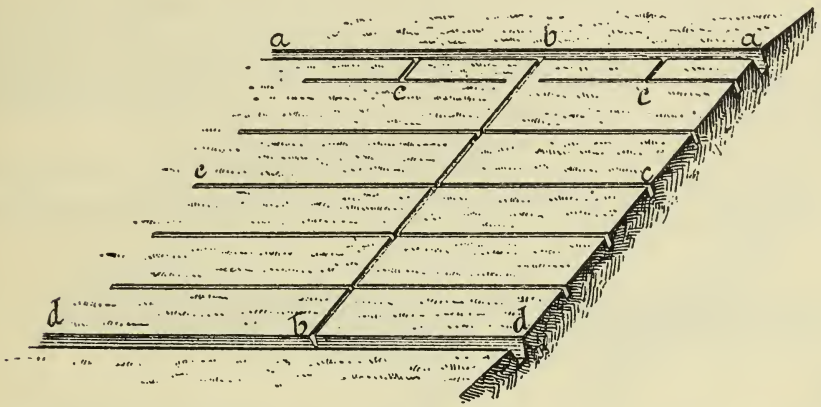

Abb. 175.

Die obige Darstellung ist eigentlich nur schematisch; tatsächlich werden sich die Rinnen, den Richtungen der Schichtenlinien folgend, in den meisten Fällen krummlinig gestalten.

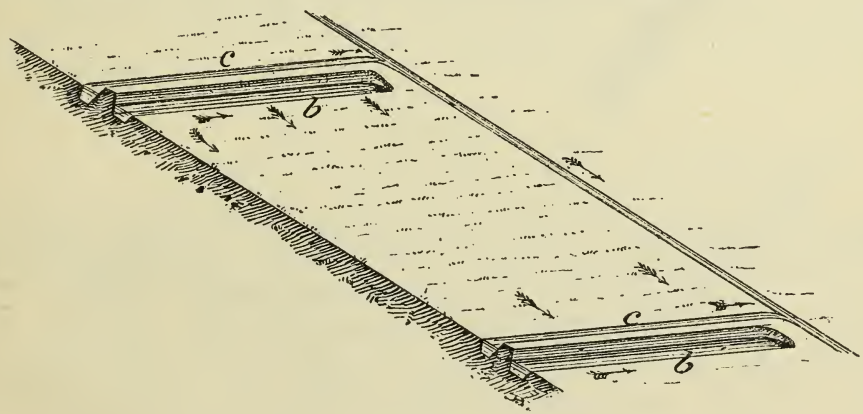

Abb. 176.

Eine andere, bei großen Wasservorräten angewendete Art des Hangbaues zeigt Abb. 176. Ein System von Rinnen b berieselt die einzelnen Hänge, das ablaufende Wasser wird von einem Entwässerungssystem c aufgenommen und abgeleitet. Diese Anlage erfordert die Aushebung einer fast doppelten Länge der Gräben, über-

dies bedeutende Wassermengen zur Berieselung, wenn das Wasser nicht etwa neuerdings zur Verwendung gelangt.

Die mannigfache Gestaltung der Erdoberfläche ist mitunter die Ursache, daß einzelne Partien von den Rieselrinnen aus nicht bewässert werden können. Dies führt zur Anordnung der sogenannten Regulierungsrinnen. Es sind dies Rinnen, die das über den Hang rieselnde Wasser auffangen und den seitlichen von der Rieselrinne nicht bewässerten Hangpartien zuführen. Sie erhalten noch geringere Abmessungen als die Rieselrinnen, überdies ein kleines Gefälle und führen das Wasser den betreffenden Wiesenteilen zu.

Im Kunstwiesenbau wird das Wasser größtenteils neuerdings verwendet; eine solche schematische Darstellung der Wiederbenutzung des

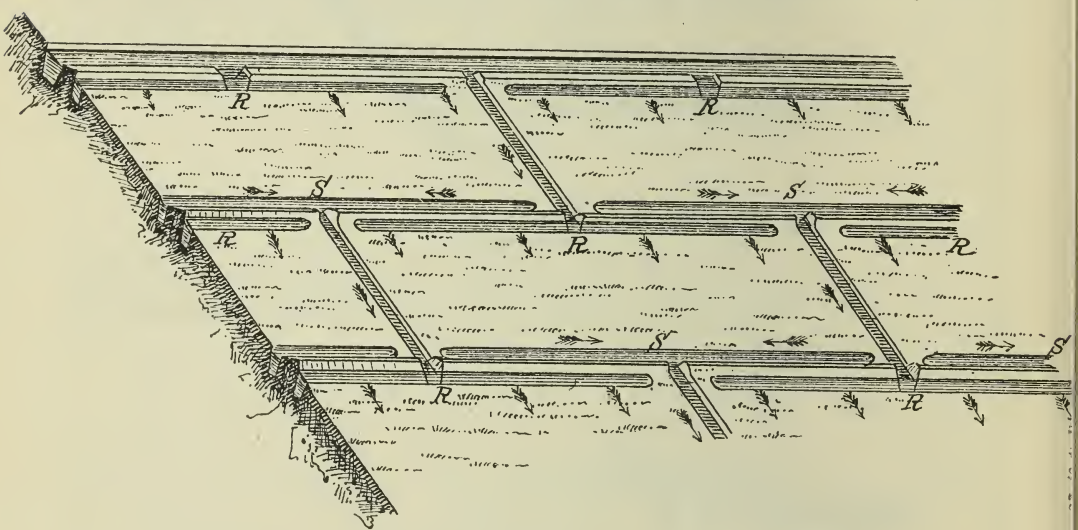

Abb. 177.

Wassers im Hangbau ersieht man aus Abb. 177. Die Buchstaben R bezeichnen die Rieselrinnen, S die Sammel- oder Entwässerungsrinnen. Jede Rieselrinne ist künstlich aufgedämmt, jedoch nur insoweit, als es die allgemeinen Gefällsverhältnisse gestatten. Es darf nämlich eine Rieselrinne nicht höher liegen als die Entwässerungsrinne, die ihr das Wasser zuführt. Wären die Gefällsverhältnisse noch geringer, so könnte die Entleerung der Sammelrinne S erst auf dem zweit- oder drittnächsten Hang stattfinden, bis die zur Herstellung der Rieselrinne in einer Aufdämmung erforderliche Höhendifferenz erreicht wäre. Die wiederholte Benutzung des Wassers kann jeder Bodenfläche angepaßt werden.

ε) Der Rückenbau.

148. Wird bekanntlich im Kunstwiesenbau dann angewendet, wenn die zu bewässernde Wiese ein Gefälle von höchstens $2\frac{1}{2}\%$ besitzt. Die Anlage besteht, Abb. 178, aus einzelnen Rücken — die Abmessungen wurden bereits auf S. 203 besprochen —, auf deren Oberkante die Bewässerungsrinne angeordnet ist. Das über die beiderseitigen Hänge herabrieselnde Wasser gelangt in die Sammelrinnen und sodann in den Entwässerungsgraben, der das Wasser

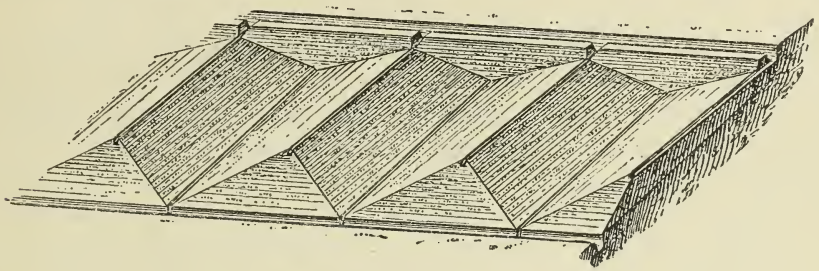

Abb. 178.

entweder seitlich ableitet, oder dem wieder die Aufgabe des Bewässerungsgrabens zufällt.

Mit der Herstellung der Rücken beginnt man gewöhnlich in der Weise, daß die Rieselrinnen in einer kleinen Aufdämmung angelegt, die Sammelrinnen im natürlichen Gelände eingeschnitten werden; die Hänge ergänzt man sodann nach Maßgabe des aus den Gräben genommenen oder sonst zugeführten Erdmaterials.

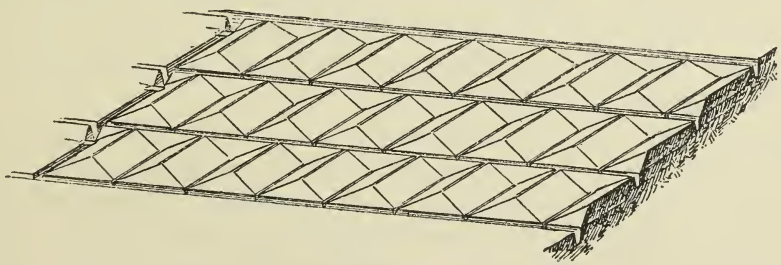

Abb. 179.

Auch im Rückenbau kann eine Wiederbenutzung des Wassers stattfinden. Man nennt diese Anordnung den Etagenrückenbau. Auch hier soll eine Vermischung des bereits benutzten mit frischem Wasser vorgenommen werden. Die Anordnungen sind mannigfaltig. Nach Abb. 179 befindet sich zwischen den einzelnen Rückenreihen ein Sammelgraben, der als Bewässerungsgraben die unteren Rinnen speist; durch die im Verteilungsgraben angebrachten

Stauvorrichtungen wird das Wasser in jedem Bewässerungsgraben auf die entsprechende Höhe gebracht.

Technische Arbeiten bei der Projektierung der Bewässerungsanlagen.

149. Die Vorerhebungen befassen sich zunächst mit der Feststellung der zur Verfügung stehenden Wassermenge. Die Messung derselben kann nach den Erläuterungen auf S. 115 vorgenommen werden. Das Kalkül muß natürlich auch die eventuelle Zu- und Abnahme des Wasserstandes während der einzelnen Monate umfassen. Die Qualität des Wassers und Beschaffenheit des Bodens muß ebenfalls erhoben werden. Sodann folgt ein allgemeines Nivellement, um jene höchsten Punkte festzustellen, die in die Bewässerung noch einbezogen werden können, sowie den tiefsten Punkt, von dem das überschüssige Wasser in die Vorflut abzuleiten ist. Die höchsten Punkte bestimmen die Lage des Zuleitungsgrabens, der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Punkte das relative Gefälle. Zwischen beiden wird der Wiesengrund in die Bewässerung in jenem Umfange einbezogen, der der gegebenen Wassermenge entspricht.

Die einzelnen Gräben, aus denen die Bewässerungsanlage besteht, können wohl direkt in der Natur ausgesteckt werden; die meisten von ihnen fallen in die Richtung der Schichtenlinien. Ein jeder Techniker wird jedoch die Anfertigung eines Schichtenplanes befürworten, da sich auf der kleinen Zeichnungsfläche mit Zirkel, Maßstab und Lineal viel leichter eine zweckmäßige Einteilung treffen läßt als mit dem Meßband in der Natur. Man hat das Gelände im Plane mehr in der Hand, Abänderungen können leicht vorgenommen, Gefällsverhältnisse ohne weiteres in jedem Punkte und nach jeder Richtung beurteilt werden.

Auf Grund des Planes werden die Aussteckung der einzelnen Gräben und sodann die Erdaushebung vorgenommen. Man beginnt mit den Entwässerungsgräben, um das etwa vorhandene Wasser abzuleiten. Hierauf folgt die Aushebung des Hauptzuleitungsgrabens. Damit dieser keine zu bedeutende Länge erhält, ist mitunter die Führung desselben im tieferen Einschnitte oder teilweiser Aufdämmunng erforderlich. Letzteres ist jedoch nur dann angezeigt, wenn das zur Aufdämmung erforderliche Material aus bündigem, undurchlässigem Tonboden besteht. Der aus den Gräben gewonnene Rasen findet bei der Planierungsarbeit Verwendung. Die Ränder der Rieselrinnen können durch ein Nivellierinstrument abgewogen werden; auch läßt sich ihre horizontale Lage durch das Einlassen des Wassers prüfen und berichtigen.

Von den Hängen wird beim Kunstwiesenbau der Rasen abgenommen und auf Haufen gelegt. Nach erfolgtem Planieren der Hänge deckt man den Rasen gleichmäßig auf und klopft ihn nach einer schwachen Wässerung fest. Die eigentliche Wässerung beginnt jedoch erst, wenn der Rasen etwas angewachsen ist.

Werden im Kunstwiesenbau neue Wiesen angelegt, so erfolgt deren Kultur durch Besamung mit geeignetem Grassamen.

Die geeignetste Zeit für die Erdarbeiten ist zeitig im Herbste oder zu Ende der Wintermonate.

e) Drainierte Rieselwiesen.

150. Bei schwerem, undurchlässigem Untergrunde stellt sich eher das Bedürfnis heraus, die Wiese zu entwässern, als ihr noch Wasser zuzuführen. Immerhin ist eine Bewässerung der nassen Wiese empfehlenswert, wenn für diese ein düngendes Wasser vorhanden ist und die Wiese nach der bekannten Ackerdrainage entwässert wird. Vincent empfiehlt, drainierte Rieselwiesen da anzulegen, „wo die flache Lage und das geringe natürliche Gefälle des Bodens bei genügender Vorflut die wünschenswerte Ausnutzung des Wassers nicht vollständig erreichen läßt". Indem das Wasser in den Boden versinkt, wird es durch die Bodenschichten filtriert, so daß der Boden und die Pflanzenwurzeln die Nährstoffe aufnehmen können.

Da jedoch eine Wiese bedeutend mehr Feuchtigkeit beansprucht als z. B. ein Acker, so könnte durch die Ackerdrainage dem Boden zu viel Wasser entzogen werden. Bei geringem Gefälle der Wiese enthalten daher die Drains ebenfalls ein kleineres Gefälle, und der Wasserabfluß aus den Drains kann in der Weise verlangsamt werden, daß man die Ausmündungen der Sammeldrains bis zu einer gewissen Höhe anstaut. Die Differenz aus der Höhe des Oberwassers und dem Wasserspiegel bei der Ausmündung gibt die übrigbleibende Druckhöhe, die auf die Ausflußgeschwindigkeit einen Einfluß ausübt. Ist man auf diese Art imstande, den Grundwasserspiegel zu regulieren, so kann die zum Rieseln erforderliche Wassermenge auf ein geringes Maß gesetzt werden.

Bei stärkerem Gefälle hat der erwähnte Rückstau nicht den gewünschten Erfolg.

Damit die Drains das zur Rieselung verwendete Wasser nicht zu rasch und in zu großen Mengen ableiten, dürfen einzelne Sammeldrains nicht unmittelbar unter die Gräben gelegt werden. Desgleichen pflegt man dort, wo Drainstränge die Gräben kreuzen, erstere mit Muffen zu versehen und sie so an der betreffenden Stelle

außer Tätigkeit zu setzen. Die Kosten des Hang- und Rückenbaues belaufen sich auf ca. 600—800 ℳ, die Kosten der wilden Rieselung ca. 300—500 ℳ, jene für drainierte Rieselwiesen ca. 600 ℳ pro Hektar.

Die Vornahme der Wässerung.

151. Soll der durch eine Bewässerung beabsichtigte Zweck erreicht werden, so muß das Wasser die bereits erwähnten Eigenschaften aufweisen, überdies aber auch eine den Pflanzen zuträgliche Temperatur besitzen. Gewöhnliche natürliche Wasserläufe besitzen den gewünschten Wärmegrad; anders ist es aber bei manchen Quellen, besonders wenn man das Wasser derselben an heißen Tagen zur Rieselung verwenden würde. Ein solches kühleres Wasser soll zunächst in einen kleineren Teich geleitet und dort teilweise durch die Einwirkung der Sonne und Luft vorgewärmt werden. Die Rieselung während der heißen Tageszeit empfiehlt sich nicht, die geeignetste Zeit ist der Abend. Nach der Rieselung sind die Gräben zu entleeren, um einer Versumpfung mancher Stellen oder einer Auskältung des Bodens vorzubeugen.

Vincent empfiehlt mit der Berieselung Ende September, nach der Nachmahd, zu beginnen, und zwar z. B. in drei Abteilungen zu 14 Tagen Rieselzeit. Man beginnt mit dem schlechtest kultivierten Teil, um ihn zunächst vorwärts zu bringen, und reguliert indessen durch entsprechende Räumung der Gräben oder etwaige Planierungsarbeiten den nächsten Teil, während der Rieselung des zweiten Teiles endlich den dritten Teil. Sodann wird die Bewässerung in achttägigen Perioden fortgesetzt, so lange sich kein Frost einstellt. Zeitig im Frühjahre soll die Rieselung mit dem fruchtbaren Schmelzwasser begonnen werden. Im April soll mit der Bewässerung ganz ausgesetzt werden, wenn die Tage heiß, das Wasser aber kalt ist, dagegen ist sie fortzusetzen, sobald eine kalte, regnerische Witterung sich einstellt. Ebenso hat man zu rieseln, wenn Nachtfröste zu erwarten sind. Mit der düngenden Wässerung hört man bei Eintritt der heißen Jahreszeit auf, setzt nur in fünftägigen Perioden eine Rieselung zum Zwecke der Anfeuchtung fort, um acht Tage vor der Heuernte ganz aufzuhören.

f) Die Petersensche Wiesenbewässerung.

152. Dieses System eignet sich für solche Böden, bei denen das Bedürfnis nach einer Drainage vorhanden ist, die aber zugleich bewässert werden können. Die Bewässerung findet durch eine Berieselung im Hangbau statt, die Drainage ist so eingerichtet, daß man den Abfluß des Wassers aus den Drains durch

Schließvorrichtungen, die an den Einmündungen der Saugdrains in den Sammeldrain angebracht sind, nach Belieben regulieren kann. Zu diesem Behufe sind die Sammeldrains horizontal, also in die Richtung der Schichtenlinien gelegt. Die Sammeldrains aber kommen in das größte Gefälle. Es wird damit bezweckt, das im Boden stagnierende Wasser, das die suspendierten Bestandteile und Pflanzennährstoffe an den Boden und an die Pflanzenwurzeln abgegeben hat, durch die Drainage rasch zu beseitigen, durch die nachströmende Luft den Boden zu erwärmen und zu durchlüften und sodann neuerdings durch eine Rieselung Nährstoffe zuzuführen.

Dadurch, daß bei verschlossenen Ventilen der Wasserabfluß gehemmt wird, wird auch eine Ersparnis an Rieselwasser erzielt; durch das Zurückstauen desselben hebt sich der Wasserspiegel und gelangt in das Bereich der Pflanzenwurzeln. Petersen verwendet zu seinen Anlagen 12 Liter für Hektar und Sekunde bei einer Wässerungszeit von 30 Tagen. Am besten eignet sich für eine Bewässerung nach diesem System humoser Sandboden oder sandiger Tonboden. Für die doppelte Wässerungszeit genügt die Hälfte der angegebenen Wassermenge, oder es kann eine 2 Hektar große Fläche berieselt werden. Auch können bei dungstoffreichem Wasser Ersparnisse an der Quantität stattfinden. Rücksichtlich der Entfernung gelten dieselben Grundsätze wie bei der gewöhnlichen Röhrendrainage, jedoch werden sie dort, wo das Gefälle größer ist, näher zusammengelegt als dort, wo es weniger bedeutend ist. Die Weite der Saugdrains wird mit 3—5 cm angenommen, die Sammeldrains entsprechend der abzuleitenden Wassermenge.

Die an den Einmündungen der Saugdrains mit den Sammeldrains angeordneten Stauapparate bestehen aus bis an die Oberfläche reichenden Ventilkästen, in deren Boden ein verstellbares Ventil angebracht ist. Durch dieses wird die Verbindung zwischen dem Saugdrain und dem Sammeldrain vermittelt oder ausgeschaltet. Um Setzungen vorzubeugen, muß der Kasten ein festes Auflager erhalten und wird überdies in Lehm gebettet.

Die Bewässerungsanlage besteht aus der gewöhnlichen Rieselanlage im Hangbau, die Rieselrinnen erhalten eine Breite von ca. 25 cm und 10 cm Tiefe. Sie kommen möglichst vertikal über die Saugdrains zu liegen oder doch so, daß sie mit den Schließventilen der Stauapparate kommunizieren können.

Die praktische Durchführung.

153. Man beginnt zunächst mit der Anlage der Drainage nach den oben entwickelten Grundsätzen, nachdem man das Gelände

nivelliert und die Schichtenlinien ausgesteckt hat. Zugleich mit den Saugdrains versenkt man die aus feuerfestem Ton hergestellten Schließapparate. Die Anlage wird sodann verschüttet, die Lage der Ventilkästen muß jedoch durch Pflöcke bezeichnet werden. Mit der hierauf vorzunehmenden gründlichen Auflockerung des Bodens verbindet man auch eine gröbere Planierung. Die Auflockerung hat den Zweck, den Boden gut ausfrieren zu lassen und durch den Einfluß der Atmosphäre zu oxydieren. Wurde die Drainage im Herbste angelegt, so läßt man sie bis zum Frühjahre allein funktionieren.

Im Frühjahr wird eine Sommerfrucht angebaut, um die etwa vorhandenen schädlichen Pflanzen zu vertilgen. Nach der Ernte beginnt die Bodenauflockerung von neuem. Sodann werden die Gräben oberhalb der Drains ausgehoben, wobei die Pflöcke, welche die Lage der Schlußventile bezeichnen, als Anhaltspunkte dienen. Nach dem Einsetzen der Holzkästen nimmt man die feine Planierung sehr sorgfältig vor, worauf die Berieselung der besamten Fläche, im Beginne mit der nötigen Vorsicht, stattfinden kann.

Die Kosten einer Petersenschen Grasbauanlage hängen von verschiedenen Umständen ab, insbesondere von der Geländegestaltung, der Bodenbeschaffenheit, der Wasserbeschaffung usw. Im allgemeinen stellen sie sich selbstverständlich höher als die eines anderen Kunstwiesenbaues. Turretin gibt für den Morgen einen durchschnittlichen Kostenpreis von 30 Talern an. Es entspricht dies einem Betrage von ca. 300 ℳ für das Hektar oder 175 ℳ für das Joch. Nach den Angaben obigen Gewährsmannes entspricht die Heuernte den Anlagekosten in qualitativer wie quantitativer Beziehung.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11.

Lehrbuch der praktischen Meßkunst

mit einem Anhange über Entwässerung und Bewässerung des Bodens.

Für land- und forstwirtschaftliche Lehranstalten und zum Selbstunterricht bearbeitet von

J. F. Zajícek,

Professor an der landw. Lehranstalt „Francisco-Josephinum“ in Mödling.

Zweite, neubearbeitete Auflage.

Mit 192 Textabbildungen und 4 Tafeln. Gebunden, Preis 6 M.

Grundlehren der Kulturtechnik.

Unter Mitwirkung von **Dr. M. Fleischer**, Geh. Ober-Reg.-Rat, Prof. in Berlin, **P. Gerhardt**, Geh. Oberbaurat in Berlin, **Dr. E. Gieseler**, Geh. Reg.-Rat, Prof. in Poppelsdorf, **M. Grantz**, Geh. Reg.-Rat, Prof. in Berlin, **A. Hüser**, Oberlandmesser in Kassel, **H. Mahraun**, Geh. Reg.-Rat in Kassel, **W. v. Schlebach**, Oberfinanzrat in Stuttgart, **Dr. W. Strecker**, Prof. in Leipzig, **Dr. L. Wittmack**, Geh. Reg.-Rat, Prof. in Berlin,

herausgegeben von

Dr. Ch. August Vogler,

Geh. Reg.-Rat, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin.

Erster Band: **Naturwissenschaftlicher und technischer Teil. Vierte Auflage.**

Mit 912 Textabbildungen und 9 Tafeln. In zwei Bände geb., Preis 36 M.

Zweiter Band: **Kameralistischer Teil. Dritte Auflage.**

Mit 21 Textabbildungen nnd 9 Tafeln. Gebunden, Preis 18 M.

Kulturtechnischer Wasserbau.

Handbuch für Praktiker und Studierende

von

Adolf Friedrich,

k. k. Hofrat, o. ö. Professor an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien.

Dritte, erweiterte Auflage.

Erster Band: Allgemeine Bodenmeliorationslehre. — Hydrometrie. — Erdbau. — Bodenentwässerung. Bodenbewässerung. — Ausgeführte Anlagen.

Mit 511 Textabbildungen und 23 Tafeln. Gebunden, Preis 20 M.

Zweiter Band: Die Wasserversorgung der Ortschaften. — Die Stauweiherbauten. Die Kanalisation der Ortschaften, Reinigung und landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer.

Mit 318 Textabbildungen und 25 Tafeln. Gebunden, Preis 25 M.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11

Kulturtechnische Baukunde.

Von **H. Gamann,**

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauschule in Siegen.

Erster Band:

Baustofflehre. — Bauelemente. — Wegebau. — Kanalisation.

Mit 224 Textabbildungen. Gebunden, Preis 9 M.

Zweiter Band:

Grundbau. — Wasserbau. — Brückenbau. — Statik und Festigkeitslehre

Mit 269 Textabbildungen. Gebunden, Preis 8 M.

Hydraulik und ihre Anwendung in der Kulturtechnik.

Von **H. Gamann,**

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauschule in Siegen.

Mit 153 Textabbildungen und 2 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

Die Unterhaltung der Wege und Fahrstraßen.

Von **H. Gamann,**

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauschule in Siegen.

Mit 108 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 5 M.

Bewässerung und Entwässerung der Äcker und Wiesen.

Von **L. Vincent,**

weil. Königl. Preuß. Ökonomierat und Wiesenbaumeister in Regenwalde.

Vierte Auflage. *Mit 20 Textabbildungen. Gebunden, Preis 2 Mark 50 Pf.*

Leitfaden und Normal-Entwürfe für die Aufstellung und Ausführung von Wasserleitungsprojekten für Landgemeinden.

Aus der Praxis entnommen und für die Praxis bearbeitet

von **A. Heinemann,**

Königl. Wiesenbaumeister und Lehrer an der Wiesenbauschule zu Siegen in Westf.

Zweite, neubearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 107 Textabbildungen und 19 Tafeln. Kartoniert, Preis 7 M.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10 u. 11.

Illustriertes

Landwirtschafts-Lexikon.

Vierte, neubearbeitete Auflage.

Mit 1250 Textabbildungen. In Halbleder geb. Preis 23 M.
Auch in 20 Lieferungen à 1 M. zu beziehen.

Das Landwirtschafts-Lexikon enthält Tausende einzelner Artikel und gibt — aufgeschlagen an der betreffenden Stelle des Alphabets — eine augenblickliche, klare und bündige Antwort auf alle Fragen, wie sie sich täglich im landwirtschaftlichen Betriebe aufwerfen.

Schlipf's

populäres Handbuch der Landwirtschaft.

Gekrönte Preisschrift.

Achtzehnte, neubearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 641 Textabbildungen und 18 Farbendrucktafeln.

Gebunden, Preis 7 M.

Wem es um ein Handbuch zu tun ist, das alle Zweige der Landwirtschaft auf Grund der neuesten Erfahrungen in besonders verständlicher Schreibweise behandelt, dem darf das bewährte Werk von Schlipf unbedingt empfohlen werden.

Lehrbuch der Landwirtschaft

auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage.

Von **Dr. Guido Krafft,**

weil. Professor der Landwirtschaft an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Mit 989 Textabbildungen und 26 Farbendrucktafeln.

Vier Bände. — Gebunden, Preis 20 M. 50 Pf.

Daraus einzeln:

I. Ackerbaulehre. Zehnte Aufl., vollständig neu bearbeitet von Prof. Dr. C. Fruwirth in Wien. Mit 336 Textabbildungen, 3 farbigen und 2 schwarzen Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

II. Pflanzenbaulehre. Neunte Aufl., neubearbeitet v. Professor Dr. C. Fruwirth. Mit 275 Textabbild. und 12 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M.

III. Tierzuchtlehre. Neunte Aufl., neubearbeitet von Prof. Dr. Falke, Leipzig. Mit 339 Textabbildungen und 13 Tafeln mit 57 farbigen Rassebildern. Gebunden, Preis 5 M.

IV. Betriebslehre. Neunte Aufl., neubearbeitet von Dr. Fr. Falke, Professor an der Universität Leipzig. Mit 39 Textabbildungen und 3 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M.

Schwerlich dürfte ein anderes landwirtschaftliches Lehrbuch gleichen Anklang und gleiche Verbreitung in den Kreisen der lernenden wie ausübenden, der akademisch wie nichtakademisch vorgebildeten Landwirte gefunden haben wie Guido Kraffts „Lehrbuch der Landwirtschaft auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage".

Es entspricht auch wieder in seinen neuesten Auflagen allen Anforderungen an ein modernes Handbuch der gesamten Landwirtschaft.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Landwirtschaftliche Unterrichtsbücher.

Grundzüge der Landwirtschaft von Direktor F. Gaul in Hildburghausen. Mit 64 Textabbildungen Geb., Preis 2 M 80 Pf.

Ackerbau einschl. Geräte- und Maschinenwesen v. Dir. Dr. Droysen u. Prof. Dr. Gisevius. Achte Aufl. Mit 195 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.

Leitfaden der Ackerbaulehre von Professor Dr. H. Biedenkopf in Gross-Umstadt. Vierte Auflage. Mit 74 Textabb. u. 8 Tafeln. Geb., Preis 2 M.

Leitfaden für einfache landw. Untersuchungen. Von Professor Dr. H. Biedenkopf in Gross-Umstadt. Zweite Auflage. Mit 38 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Düngerlehre von Dir. A Conradi in Hohenwestedt. Zweite Aufl. Preis 60 Pf.

Grundzüge der Agrikulturchemie. Bearbeitet von Dr. R. Otto in Proskau. Mit 44 Textabbildungen. Geb., Preis 4 M.

Bodenkunde. Von Dr. W. Lilienthal, Winterschul-Direktor in Genthin. Mit 13 Textabbildungen. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Bodenkunde von Direktor A. Wirtz in Odenkirchen. Preis 50 Pf.

Mineralogie und Gesteinslehre v. V. Uhrmann, Direktor d. landw. Schule in Annaberg im Erzgeb. Dritte Auflage. Mit 26 Texabbild. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Mineralogie und Gesteinslehre v. Dr. P. Teicke, Oberlehrer an der Landwirtschaftsschule in Salzwedel. Mit 23 Textabb. Geb., Preis 1 M.

Pflanzenbau von Dir. Dr. Birnbaum. Achte Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. Gisevius in Giessen. Mit 207 Textabb. u. 5 farbigen Tafeln. Geb. Preis 1 M. 80 Pf.

Grundzüge der Pflanzenvermehrung von Max Löbner, Garteninspektor in Dresden. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Wiesenbau von H. Kutscher, Lehrer in Hohenwestedt. Dritte Auflage. Mit 87 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Lehrbuch der Botanik. Von Prof. Dr. G. Meyer. Dritte Auflage. Mit 296 Textabbildungen. Geb, Preis 2 M.

Leitfaden der Botanik für landw. Winterschulen und Landwirte. Von Prof. Dr. G. Meyer. Dritte Auflage. Mit 243 Textabb. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.

Botanik von Direktor F. Gaul, Hildburghausen. Mit 122 Textabbildungen. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.

Botanik von Dr. Wölfer, Dargun. Mit 192 Textabbildg. Geb. 2 M. 50 Pf.

Lehrbuch der Botanik von Dr. P. Teicke. 2. Aufl. Mit 98 Textabb. Geb., Preis 2 M.

Pflanzliche und tierische Schädlinge der landw. Kulturpflanzen. Von W. Tillmann in Ascheberg i. W. Zweite Auflage. Mit 50 Textabb. Geb. Preis 1 M. 20 Pf.

Bakterienkunde von Direktor P. Gordan und Tierarzt C. Bahr. Mit 23 Textabbildungen. Geb. Preis 1 M.

Leitfaden der Zoologie für niedere landw. Schulen. Von R. Hillmann und A. Wolschner. Zweite Auflage. Mit 134 Textabbild. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Lehrbuch der Tierzucht. Von Dr. H. Biedenkopf, Professor in Gross-Umstadt. 7. Aufl. Mit 8 farbigen biolog. Rassebildern u. 127 Textabb. Geb., Preis 2 M. 80 Pf.

Viehzucht von V. Patzig, Professor in Marienburg. Achte Auflage. Mit 134 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.

Tierzuchtlehre von Direktor A. Conradi in Hohenwestedt. Zweite Auflage. Mit 136 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Bau und Leben der landw. Haussäugetiere. Von Dr. E. Laur. Vierte Auflage, bearb. von Dr. Käppeli in Rütti. Mit 102 Textabb. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.

Der Körper der landwirtschaftlichen Haussäugetiere. Von Dr. J. Becker in Rostock. Zweite Aufl. Mit 67 Textabb. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Fütterungslehre. Von Dr. W. Kleberger, Giessen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.

Milchwirtschaft von Winterschuldirektor W. Tillmann in Ascheberg i. W. Mit 64 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.

Landwirtschaftliche Betriebslehre, bearbeitet von Professor Dr. R. Roth, vorm. Direktor der landw. Schule in Chemnitz. Zehnte Aufl. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.

Landwirtschaftliche Betriebslehre von Dr. Luberg, Direktor der Landwirtschaftsschule in Bojanowo. Fünfte Auflage. Geb., Preis 1 M 70 Pf.

Grundzüge der Wirtschaftslehre von Ök.-Rat Dr. V. Funk. Sechste Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Betriebslehre von Dr. Wölfer, Landw. Lehrer in Dargun. Geb., Preis 2 M. 40 Pf.

Betriebslehre von Direktor A. Conradi in Hohenwestedt. Fünfte Auflage. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.

Volkswirtschaftslehre von C. Petri in Hohenwestedt. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.

Taxationslehre v. C. Petri in Hohenwestedt. Zweite Aufl. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Landwirtschaftsgeschichte von Ök.-Rat Dr. V. Funk. Zweite Aufl. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Vaterländische Geschichte von P. Knak. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Bürgerkunde von Kreisschulinspektor H. Otto Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Landwirtschaftspolitik von Ök.-Rat Dr. V. Funk. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Landwirtschaftliche Unterrichtsbücher.

Landmanns Buchführung. Von Dr. H. Clausen, Direktor in Heide. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M 20 Pf.

Einfache landwirtschaftliche Buchführung von Winterschuldirektor Dr. P. Habernoll in Krefeld. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Tabellen zur einfachen landw. Buchführung von Dr. P. Habernoll. Dritte Auflage. Preis 1 M.

Selbstverwaltungsämter. Von C. Petri, Lehrer in Hohenwestedt. Vierte Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Gesetzeskunde. Von Dr. jur. Kollath. Zweite Auflage, neubearbeitet von C. Petri. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.

Schriftverkehr des Landwirts. Von L. Lemke. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.

Landw. Berechnungen. Von Prof. Dr. R. Roth, vorm. Dir. der landw. Schule in Chemnitz. Dritte Auflage. Geb., Preis 1 M. 60 Pf. Lösungen. Preis 50 Pf.

Landw. Berechnungen. Von C. Petri in Hohenwestedt. Geb., Preis 2 M. 60 Pf. Lösungen 1 M. 20 Pf.

Rechenbuch für niedere u. mittl. landwirtschaftliche Lehranstalten v. L. Lemke, Lehrer i. Stargard i. P. I. Teil. Unterklassen. Vierte Aufl. Geb., Preis 1 M. 50 Pf. II. Teil. Mittel- u. Oberklassen. Dritte Aufl. Mit 112 Textabb Geb., Preis 2 M. 20 Pf. Lösungen für den I. Teil 4. Aufl. Preis 1 M., für den II. Teil 3. Aufl. Preis 1 M.

Rechenbuch für Ackerbauschulen, landw. Winterschulen und ländl. Fortbildungsschulen von P. Knak, Lehrer in Wittstock. Achte Auflage. Geb., Preis 1 M. 40 Pf. Lösungen. Preis 1 M.

Praktisches Rechen- und Nachschlagebuch. Von Dr. J. P. Zanen in Ettelbrück. Mit 131 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Rechenbuch für mittlere und niedere landw. Lehranstalten von H. Kutscher und C. Petri, Lehrer in Hohenwestedt. I. Teil: Grund- und angewandte Rechnungsarten. Geb. 1 M. 20 Pf. Lösungen 50 Pf. II. Teil: Landwirtschaftliche Berechnungen. Geb. 1 M. 50 Pf, Lösungen 60 Pf.

Geometrie, Feldmessen u. Nivellieren von H. Kutscher, Lehrer in Hohenwestedt. Dritte Aufl. Mit 163 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Planimetrie und Stereometrie für Landwirtschaftsschulen von Prof. Chr. Nielsen u. Oberlehrer W. Langel. Mit 325 Textabb. Geb. 2 M. 50 Pf.

Unterricht im Feldmessen mit den einfachsten Messgeräten. Von Dr. G. Wilsdorf. Vierte Auflage. Mit 20 Textabb. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.

Feldmess- und Nivellierkunde und das Drainieren von Chr. Nielsen, Oberlehrer in Varel. Dritte Aufl. Mit 116 Textabb. u. 3 Tafeln. Geb., Preis 2 M.

Physik von Dr. P. Habernoll, Dir. in Krefeld. Mit 78 Textabb. Geb., Preis 1 M. 10 Pf.

Physik von M. Hollmann, Prof. in Danzig. Achte Auflage. Mit 164 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Lehrbuch der Physik von Prof. Dr. Lautenschläger, vorm. Oberlehrer in Samter. Zweite Auflage. Mit 405 Textabbildungen. Geb., Preis 2 M. 80 Pf.

Mechanik, Wärmelehre und Witterungskunde von J. Bohn, Gymnasiallehrer zu Trier. Mit 178 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.

Landw. Maschinenkunde von Ingenieur H. Schwarzer in Frankenhausen a. Kyffh. Mit 240 Textabbildungen. Geb., Preis 3 M. 60 Pf.

Leitfaden für den Unterricht in der Chemie von B. Marquardt, Direktor in Ragnit. Mit 25 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Chemie von Oberlehrer O. Freybe zu Weilburg. I. Teil. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Lehrgang der Chemie für Land- und Gartenbauschulen. Von Prof. Dr. John, Leipzig. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Chemie von P. J. Murzel, Direktor der landw. Winterschule in Saarlouis. Dritte Auflage. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Chemie von A. Maas in Wittstock. Zweite Auflage. Mit 10 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.

Chemie für Ackerbau- und landw. Winterschulen von W. Wellershaus, Winterschuldirektor. Zweite Aufl. I. Teil: Anorganische Chemie. Geb., Preis 70 Pf. II. Teil: Organische Chemie. Geb., Preis 70 Pf.

Meyer's Forstwirtschaft. Vierte Auflage, bearbeitet von Reg.- und Forstrat Berlin in Arnsberg. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.

Forstwirtschaft von W. Radtke, Forstassessor. Mit 22 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.

Obst- und Gemüsebau v. Otto Nattermüller. Fünfte Auflage. Bearbeitet v. Dr. A. Bode, Gartenbaulehrer i. Chemnitz. Mit 76 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.

Obstbau. Nebst ein. Anhang: Die Kultur der wichtigst. Gemüsepflanzen. Von Ernst Kümmerlen. Zweite Auflage. Mit 100 Textabb. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Deutsches Lesebuch für Ackerbauschulen, landwirtsch. Winterschulen und ländliche Fortbildungsschulen, herausgegeben von M. Hollmann u. P. Knak. Fünfte Auflage. Geb., Preis 2 M.

Lehr- und Lesebuch für ländliche Fortbildungsschulen von K. Deissmann, H. Jung, Fr. Kolb, W. Scheid u. R. Wobig. Sechste Auflage. Geb., Preis 2 M.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 085152343